I.S.S.N. 0030-1531

Volume 52, 1982 N° 1

L'OISEAU

ET LA

REVUE FRANÇAISE D'ORNITHOLOGIE



REVUE TRIMESTRIELLE
DE LA
SOCIÉTÉ ORNITHOLOGIQUE DE FRANCE

Rédaction : 55, rue de Buffon, 75005 Paris

L'OISEAU

ET LA

REVUE FRANÇAISE D'ORNITHOLOGIE

Abonnement annuel : France : **160 F**
Etranger : **190 F**

Les manuscrits doivent être envoyés en double exemplaire, dactylographiés et sans aucune indication typographique, au Secrétariat de rédaction : 55, rue de Buffon, 75005 Paris.

Les auteurs sont priés de se conformer aux recommandations qui leur sont fournies au début du premier fascicule de chaque volume de la Revue.

La rédaction, désireuse de maintenir la haute tenue de ses publications et l'unité de la présentation, se réserve le droit de modifier les manuscrits dans ce sens.

Elle ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les auteurs des articles insérés dans la Revue.

I.S.S.N. 0030-1531

Volume 52 Année 1982

L'OISEAU
ET LA
REVUE FRANÇAISE D'ORNITHOLOGIE



REVUE TRIMESTRIELLE
DE LA
SOCIÉTÉ ORNITHOLOGIQUE DE FRANCE
Rédaction : 55, rue de Buffon, 75005 Paris

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

1) TEXTE

— Les auteurs sont priés de remettre leur manuscrit en 2 exemplaires (1 *original* + 1 double) dactylographiés à double interligne avec une marge de 4 cm au moins, sur un seul côté de chaque page.

— Seuls seront soulignés les noms scientifiques destinés à être imprimés en italiques. Il est demandé de ne porter aucune autre indication typographique.

— Les feuillets seront numérotés dans l'ordre, en haut à droite.

— L'emplacement approximatif des figures ou tableaux sera indiqué, au crayon, dans la marge.

2) REFERENCES

— La liste des références sera dactylographiée à triple interligne, afin que la Rédaction puisse, le cas échéant, effectuer les corrections nécessaires.

— Seuls les travaux cités doivent être mentionnés dans la liste des références.

— Les références seront mentionnées dans le texte par le nom de l'auteur, suivi de l'année de publication.
Exemple : MOREAU (1967).

— Pour rendre la présentation uniforme, les auteurs sont priés de se conformer aux modèles suivants :

Citation d'un article :

SMITH, K.D. (1938). — Notes on Corsican birds. *Ibis*, 80 : 345-346.

Citation d'un livre :

GÉROUDET, P. (1957). — *Les passereaux. III.* Neuchâtel - Paris : Delachaux et Niestlé.

Dans le cas où la citation serait tirée d'un livre ou d'un long article, on précisera le numéro de la page dans le corps du texte. Exemple : GÉROUDET (1957 : 15).

3) ADRESSE

— Les auteurs voudront bien indiquer leur adresse complète après la liste des références.

4) RESUME

— Tous les manuscrits considérés comme « articles » (c'est-à-dire occupant plus de quatre pages imprimées) seront suivis d'un résumé.

— La revue ne publie pas de résumés en français, mais nous demandons aux auteurs de rédiger un résumé en anglais ou, s'ils ne le peuvent pas, de fournir un résumé en français qui sera traduit.

— La longueur du résumé ne devra pas excéder 5 % de celle de l'article.

5) CORRECTIONS

— Les auteurs qui désireraient corriger eux-mêmes les premières épreuves de leurs articles sont priés de l'indiquer, au crayon, sur leur manuscrit. Il leur est instamment demandé de retourner ces épreuves dans les 8 jours qui suivent la date de réception, sinon les corrections seront faites d'office par la Rédaction.

— Les corrections seront portées *uniquement au crayon*. Elles devront être réduites au strict minimum : erreurs typographiques ou modifications mineures de style. Il ne peut être question de refaire un paragraphe entier, car ceci entraînerait des frais de composition supplémentaires.

6) TIRES-A-PART

— Les auteurs porteront au crayon *sur leur manuscrit* le nombre de tirés-à-part qu'ils désirent. Les 25 premiers exemplaires sont gratuits ; les exemplaires en sus seront payés par les auteurs. Les notes et faits divers ne donnent pas lieu à l'envoi de tirés-à-part, sauf demande expresse et dans ce cas les tirés-à-part sont aux frais des auteurs.

7) ILLUSTRATIONS

— Elles seront réduites au strict minimum.

— Tableaux, figures et photos seront numérotés au crayon, en chiffres arabes, et leurs légendes seront dactylographiées *sur une feuille à part.*

a) Figures.

— Les figures (graphiques, schémas) seront dessinées sur papier calque, *à l'encre noire* (encre de Chine de préférence).

— Les symboles et les chiffres doivent être assez grands car ils sont fortement réduits au clichage.

— Pour les surfaces en grisé, il est recommandé d'utiliser une trame à pointillé assez lâche (une trame trop serrée produirait une tache noire au clichage).

— Il est conseillé de dessiner les chiffres et les lettres avec un « Normographe » ou d'utiliser des lettres auto-collantes qui seront fixées avec soin (par mesure de sécurité, il est bon de protéger la feuille de papier calque avec une autre feuille servant de cache).

— Il est instamment demandé de ne dactylographier *aucune indication* sur le papier calque.

b) Tableaux.

— Eviter les tableaux qui font double emploi avec le texte ou les figures.

— Les tableaux ne devront comporter *aucune rature,* et ils seront dactylographiés. Les traits de séparation des colonnes seront tirés à la machine à écrire ou à la plume (avec de l'encre *noire,* à l'exclusion de toute autre couleur). Ces traits de séparation seront *continus.*

— On laissera des intervalles équilibrés entre les traits et le texte.

— Ne pas oublier que les tableaux sont réduits au clichage et que leur largeur ne pourra pas excéder 11,5 cm quand ils seront imprimés.

— Il est indispensable que les auteurs exercent un contrôle rigoureux des données présentées dans les tableaux car *aucune correction* ne pourra leur être apportée par la suite. Toute modification ultérieure des tableaux après clichage serait entièrement aux frais des auteurs.

c) Photos.

— Pour être publiées, les photos devront constituer une innovation sur le plan photographique ou posséder un réel intérêt documentaire. Leur nombre sera limité au strict minimum.

— Les auteurs sont priés d'envoyer des tirages sur papier en noir et blanc brillant, bien contrastés et sans rayures. Leur format devrait, si possible, être supérieur à celui qui est prévu dans la Revue.

— Ne porter aucune indication sur les photos, sinon au dos et au crayon.

N'oubliez pas qu'un manuscrit bien présenté ira plus vite chez l'imprimeur ! Nous comptons sur votre compréhension. D'avance, merci.

La Rédaction.

Conversion des résultats d'échantillonnages ponctuels simples d'oiseaux en densités de population

par F. SPITZ

Introduction

Il y a plusieurs décennies déjà que la « station d'écoute ponctuelle », c'est-à-dire le relevé d'observations d'oiseaux par un observateur restant immobile pendant un certain temps, est utilisée pour caractériser des avifaunes ou, dans le meilleur des cas, pour quantifier des populations plurispécifiques. Des approches théoriques (AFFRE 1976, JARVINEN 1978) ont été tentées pour exploiter au mieux les recensements par points, mais l'essentiel avait été déjà exprimé par BLONDEL, FERRY et FROCHOT (1970) : « De plus rien n'empêche d'appliquer le calcul permettant d'obtenir la densité absolue en multipliant l'IPA par un coefficient de conversion C si l'on a pris soin ou si l'on a eu la possibilité d'effectuer les dénombrements par la méthode des IPA et par celle des plans quadrillés dans le même milieu et la même année ». C'est cette voie rigoureuse que nous avons essayé de suivre.

Particularités des recensements d'oiseaux montagnards

La standardisation de la méthode dite « des IPA » (BLONDEL *et al.* 1970, BLONDEL 1972) est fondée sur le souci d'égaliser les chances d'évaluation des populations nidificatrices d'espèces précoces et tardives. On constate en effet dans les milieux forestiers, où la détection *acoustique* est essentielle, que certaines espèces restreignent leur activité vocale dès le mois de mai (*Sitta europaea, Parus palustris*) avant l'installation complète des migrateurs tardifs (*Oriolus, Phylloscopus sibilatrix*, etc.). D'où la réalisation, en chaque point choisi sur le terrain, de deux séances séparées dans le temps (l'une par exemple en avril, l'autre à la fin mai). Pour chaque espèce, on retient le chiffre maximal observé sur l'ensemble des deux séances. Lors de nos travaux en forêt de montagne (SPITZ 1974, LE LOUARN 1977) nous avons pu constater l'extrême compression de la saison de reproduction, ce qui rendait inutile le doublement des points. Nous avons donc adopté le standard suivant : une séance par point, réalisée dans la



1[re] quinzaine de juin en forêt, dans la 2[e] quinzaine de juin en alpage. Pour éviter toute confusion, nous avons appelé notre méthode « échantillonnage ponctuel simple » ou EPS (SPITZ 1974).

POURQUOI DOUBLER L'ÉCHANTILLONNAGE DANS LE TEMPS ?

L'étude du calcul des densités de populations ainsi que l'analyse des peuplements nous ont amenés à comparer un ensemble de résultats dont certains acquis par les observateurs utilisant les IPA. Dans ce dernier cas, il nous a bien fallu recourir à leurs chiffres bruts, c'est-à-dire aux « IPA partiels » (équivalents à nos EPS). Nous avons alors reconsidéré l'ensemble du problème. Il nous est apparu que le gain en information en passant de l'EPS à l'IPA est extrêmement modeste. Une étude soigneuse de nos propres EPS, et d'IPA réalisés au cours de nos études, montre deux faits essentiels :

— la probabilité de détection d'un individu donné d'une espèce donnée est largement indépendante de son activité vocale. En effet, qu'il chante cinquante fois en 20 mn ou deux ou trois fois seulement, il sera quand même noté comme *un* individu chanteur. Le problème ne commence à se poser que lorsque la probabilité de chanter descend au-dessous de 1 fois par 20 mn ;
— la très faible probabilité de chant (faiblesse ou absence de l'activité vocale) dépend davantage de facteurs individuels que du moment choisi dans la saison de reproduction.

Face à ce faible gain d'information, une perte importante a lieu puisque les points sont groupés par *deux* pour *une* station (perte d'information environnementale), et qu'une *moitié* seulement des résultats numériques sont utilisés (perte d'information sur la diversité et la démographie). Par conséquent nous pensons que le passage EPS — IPA est une *convention* qui n'est pas justifiée par l'amélioration des résultats obtenus.

En pratique l'avifaune normalement présente dans nos forêts de plaine comprend un seul petit passériforme qui « disparaît » vocalement en mai : la Sittelle (*Sitta europaea*). Nous avons constaté que les points d'écoute faits dans la deuxième quinzaine de mai étaient incapables de rendre compte de cette espèce. La Sittelle mise à part, une population de forêt de plaine nous est apparue très convenablement et complètement recensée par des points faits dans la deuxième quinzaine de mai et la première semaine de juin.

LA CONVERSION DES RÉSULTATS D'EPS EN DENSITÉS DE POPULATIONS

Selon la procédure proposée par BLONDEL, FERRY et FROCHOT, nous avons réalisé des séries importantes d'EPS dans des secteurs qui faisaient l'objet, simultanément, d'un recensement absolu sur plan. Pour les forêts de montagne, nous disposons de 10 recensements sur des quadrats correspondant à trois grands milieux : mélezin montagnard, mélezin subalpin, pineraie sylvestre. Pour les alpages, 6 rencensements distincts sont dispo-

nibles. Pour les forêts de plaine, nous avons réalisé un seul recensement sur plan quadrillé, aussi avons-nous examiné pour comparaison les résultats obtenus par FERRY et FROCHOT dans plusieurs forêts recensées par quadrats et IPA. Un certain nombre d'espèces étant communes à ces diverses forêts de plaine et de montagne, des jugements sont possibles. Enfin nous avons considéré des recensements faits sur une zone bocagère de montagne.

1) *Recensements en forêt de montagne*

Dix recensements distincts ont été effectués dans quatre secteurs différents. La corrélation indice EPS/densité peut donc être établie pour chaque espèce à partir de dix « objets » dont l'ordonnée est la *densité de population* mesurée lors du recensement sur plan et l'abscisse est *la moyenne du nombre de contacts* pour les EPS (généralement plus de 10 EPS) effectués en même temps que le recensement. La figure 1 montre

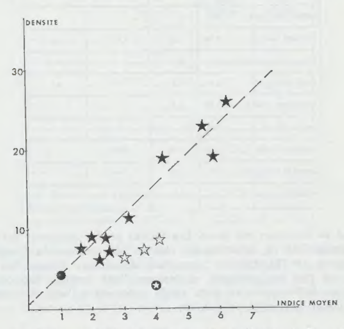


Fig. 1. — Corrélation densité/indice moyen pour le Pinson. Etoiles noires : EPS forêts de montagne. Cercle noir : EPS forêt de plaine (La Tillaie). Etoiles blanches : IPA Bourgogne. Etoile cerclée : IPA pinède 40 ans de Paimpont.

le graphique obtenu pour le Pinson (*Fringilla cœlebs*). L'équation reliant le nombre moyen de contacts par EPS à la densité a été établie par la méthode des moindres carrés. C'est l'équation d'une droite de pente B et ordonnée à l'origine A, donc de la forme :

$$\text{Densité} = (\text{Nombre de contacts} \times B) + A$$

(La densité est alors exprimée en nombre de couples par 10 hectares).

Le tableau I donne les valeurs de B et de A pour chaque espèce. On notera qu'une *forte pente* indique que le nombre de contacts par EPS augmente lentement par rapport à la densité : il s'agit d'espèces dont la probabilité de détection est basse. Les *faibles pentes* indiquent des espèces dont la probabilité de détection est élevée. Une ordonnée à l'origine non nulle suppose que l'information permettant de détecter l'oiseau (en général le chant) est très peu probable en dessous d'une certaine densité. L'association d'une faible pente et d'une faible ordonnée à l'origine indique une espèce à chant territorial obligatoire.

TABLEAU I. — Recensements en forêt de montagne.

	d'après EPS			
	Pente B	Ordonnée à l'origine A	Pente supposée IPA Paimpont Pinède 40 ans	Pente d'après IPA Bourgogne Hêtraie
Parus ater	3,36	2,1		1,4
Parus montanus	4,9	2,1		
Parus cristatus	5,78	1,1	2,53	4
Troglodytes troglodytes	1,2	2,38	1,89	
Certhia familiaris	0,9	2		
Erithacus rubecula	4,46	0,26	1,5	4,3
Phoenicurus phoenicurus	2	1		0,44
Sylvia atricapilla	1,9	1,1		4,3
Phylloscopus bonelli	3,57	1,7		
Regulus regulus	6,75	0	2,2	
Anthus trivialis	1,56	1,54	2,38	
Carduelis citrinella	0,9	2,45		
Fringilla coelebs	3,7	0,8	0,74	2,1

2) *Recensements en forêt de plaine*

Dans un premier temps, nous avons ajouté sur les graphiques établis pour les forêts de montagne les points obtenus en forêt de plaine pour les espèces communes aux deux ensembles. Pour le Pinson (fig. 1), on remarque que le point "La Tillaie" (forêt de Fontainebleau), obtenu à partir d'EPS, est exactement sur la droite de corrélation calculée à partir des points « montagne ». Par contre les trois points "Bourgogne", dont l'abscisse représente l'IPA moyen (et non le nombre moyen de contacts par EPS) sont tous en dessous de cette droite, ce qui signifie que l'indice

moyen est plus fort à densité égale ; ceci est logique puisque par *convention* l'IPA représente le maximum sur 2 écoutes faites sur la même station. Pour huit espèces recensées à la Tillaie (EPS) et pour lesquelles nous n'avons pas de données suffisantes en montagne, il est seulement possible d'indiquer la *pente supposée* de la droite de corrélation, en faisant passer cette droite par l'origine et l'unique point obtenu. Le tableau II nous fournit ces indications. Pour les espèces du tableau II, la pente de la droite construite à partir des points "IPA Bourgogne" est systématiquement plus faible que la pente "EPS" supposée, ce qui est en accord avec nos

TABLEAU II. — Recensements en forêt de plaine.

	Pentes supposées		
	EPS Fontainebleau	IPA Paimpont	IPA Bourgogne
Parus palustris	11,2		4,1
Parus major	4,83		2,4
Parus caeruleus	7,05		5
Sitta europaea	2,21		1,7
Certhia brachydactyla	5		4
Phylloscopus collybita	8,96		
Prunella modularis	12,94		
Regulus ignicapillus	5,45		6
Phylloscopus sibilatrix	5	0,78	2,5

conclusions précédentes. Enfin sur les tableaux I et II nous avons ajouté les pentes supposées calculées à partir des recensements dans la pinède de 40 ans de Paimpont. Ces pentes sont généralement plus faibles que les pentes EPS. On note sur la figure 1 que le point représentant le Pinson dans la pinède de 40 ans de Paimpont est particulièrement aberrant.

3) *Recensements en zone bocagère de montagne*

Nous avons effectué en 1975 le recensement d'une zone de 48 hectares située dans le fond de la vallée de la Guisane en amont de Briançon. Au vu de la répartition des diverses espèces, cette zone a été divisée en deux parties, couvrant respectivement 29 et 19 hectares. Pour 10 espèces, la pente de la droite de corrélation densité indice moyen a été calculée à partir de deux points (un recensement pour chaque partie de la zone étudiée) et en supposant qu'elle passait par l'origine. Pour 10 autres espèces nous avons calculé la « pente supposée » à partir d'un seul recensement.

Dans chaque partie recensée ont été effectués 7 EPS. Les pentes calculées sont regroupées au tableau III. (Les densités utilisées sont exprimées en couples par 10 hectares).

TABLEAU III. — Recensements en zone bocagère de montagne.

	Pente calculée d'après les recensements 1 et 2	Pente supposée d'après un seul recensement (1 ou 2)
Alauda arvensis	4,04	
Lanius collurio	3,80	
Prunella modularis		3,78
Sylvia atricapilla	2,06	
Sylvia borin	2,55	
Phylloscopus bonelli		1,79
Ficedula hypoleuca		2,50
Saxicola rubetra	4,64	
Erithacus rubecula		[illegible],64
Turdus merula	1,[illegible]3	
Parus ater		1,21
Parus major	4,96	
Parus cristatus		1,29
Emberiza citrinella	2,[illegible]4	
Emberiza hortulana	6,84	
Fringilla coelebs	2,19	
Carduelis carduelis		3,55
Pyrrhula pyrrhula		2,50
Petronia petronia		3,60
Jynx torquilla		2,38

4) *Recensements dans les alpages*

La totalité des résultats utilisables a été acquise en 1973 et 1974 sur l'alpage des Combes près de Briançon (Hautes-Alpes). Le périmètre recensé couvre approximativement 400 hectares. Nous l'avons divisé en trois secteurs d'un peu plus de 100 hectares chacun, correspondant à trois subdivisions naturelles du bassin versant par des verrous glaciaires. Le tableau IV regroupe les indications suivantes : densité de chaque espèce (en couples par 100 hectares) évaluée par cartographie des territoires et indice moyen par EPS pour chacun des 6 échantillons (année-secteur). Le nombre d'EPS pour chaque échantillon est indiqué en tête de colonne. Pour le calcul des paramètres de la droite de corrélation densité, indice moyen, nous avons en principe considéré six points correspondant chacun à l'un des échantillonnages. Toutefois les modalités particulières de la répartition de chaque espèce nous ont amenés dans certains cas à procéder autrement.

— Pour *Anthus spinoletta* la corrélation sur 6 points se traduit par un coefficient médiocre (0,66). Nous avons regroupé les secteurs à forte

densité de cette espèce (aval et amont nord). Nous calculons alors sur 4 points et obtenons un coefficient de corrélation de 0,96.

TABLEAU IV. — Resultats des recensements de l'alpage des Combes D — nombre de couples *par 100 ha* ; i — indice moyen par EPS (entre parentheses : nombre d'EPS)

	1973						1974					
	Aval (11)		Amont sud (6)		Amont nord (4)		Aval (14)		Amont sud (9)		Amont nord (9)	
	D	i	D	i	D	i	D	i	D	i	D	i
Anthus spinoletta	44	2,83	16,9	2,33	18,4	2	37,9	2,79	9,9	1	29,4	4
Alauda arvensis	31,4	2,50	1,8	0,50	10,3	1	45,6	3,64	0	0	17,6	1,67
Oenanthe oenanthe	13,2	1,25	22,9	0,83	25,3	0,75	14,1	0,50	14,7	1,11	19,3	1,33
Saxicola rubetra	5,6	0,25	0	0	0	0	11,3	0,71	0,9	0	0	0,22
Monticola saxatilis	0	0	0	0	0	0	0	0	1,67	0,18	0	0
Phoenicurus ochruros	3,6	0,33	18,7	0,83	2,9	0,50	1,6	0,07	28	1,44	2,5	0,44
Prunella modularis	0	0,19	4,2	0,33	0	0	2,2	0,44	0	0	0	0
Prunella collaris	2,4	0,18	7,2	0,33	1,1	0	0	0	15,5	1,22	1,7	0,33
Emberiza hortulana	5,6	0,91	1,2	0,33	0	0	3,2	0,57	1,7	0,11	0	0
	aval + amont sud						aval + amont sud					
Acanthis cannabina		D 8,8	i 0,32		0	0		D 6,3	i 0,13			

— Pour *Œnanthe œnanthe* la corrélation sur 6 points est très mauvaise (r = 0,18). Nous avons considéré seulement deux points correspondant au regroupement des trois échantillonnages de chaque année.

— Pour *Monticola saxatilis* nous avons dû nous contenter d'un échantillonnage où l'espèce figurait au recensement, tous les autres points sont à l'origine.

— Pour *Carduelis cannabina* nous avons, comme pour le Traquet motteux, regroupé les résultats par année Pour les deux espèces nous avons supposé la droite passant par l'origine.

— Pour *Phœnicurus ochruros*, le calcul sur les 6 points donne une droite ayant une très forte ordonnee à l'origine, en contradiction avec la position très proche de l'origine des points correspondant aux faibles densités. Nous avons donc fait figurer au tableau V les paramètres calculés sur : *primo* l'origine, *secundo* le point moyen de 4 échantillonnages de faible densité, *tertio* le point moyen des 2 echantillonnages de forte densite. Ces trois points sont relativement bien alignés.

Le tableau V fournit les paramètres pour chaque espece. On peut être étonné par les fortes ordonnées à l'origine *négatives* d'*Anthus spinoletta* et *Alauda arvensis*. Elles laisseraient supposer la detection d'oiseaux sur points d'écoute dans le cas de densités nulles ! Ceci est dû, je pense, à un effet de *bordure* des secteurs de recensement, l'acoustique des alpages permettant la détection des chanteurs de haut vol « au-dessus » des barrières naturelles que constituent les cretes ou barres rocheuses qui delimitent nos secteurs

TABLEAU V — Paramètres des droites de corréalation densité/indice moyen calculés pour l'alpage des Combes.

	Pente B	Ordonnée à l'origine A
Anthus spinoletta	11,41	2,6
Alauda arvensis	13,24	2,6
Oenanthe oenanthe	19,32	(0)
Saxicola rubetra	15,47	− 0,1
Monticola saxatilis	9,28	(0)
Phoenicurus ochruros	10,40	− 0,3
Prunella modularis	7,67	0
Prunella collaris	12,31	+ 0,4
Emberiza hortulana	5,70	+ 0,1
Acanthis cannabina	14,0	0

5) *Conclusion : comparaison des pentes des droites de corrélation dans divers habitats*

Nous considérons ici seulement les pentes, calculées ou « supposées », établies *à partir d'EPS* (et non d'IPA), et correspondant à des densités exprimées en *nombres d'individus par 100 hectares*. Ceci revient à multiplier par 10 les pentes obtenues en forêt et bocage montagnard. Le tableau VI donne l'ensemble des résultats par espèce. Il est manifeste que les pentes sont *presque* toujours d'autant plus faibles que le milieu est plus découvert, ce qui est parfaitement en accord avec les distances de détection acoustique ou visuelle. Il y a l'exception d'*Erithacus rubecula* (mais on peut songer à un mauvais échantillonnage dans la zone de bocage). Pour *Sylvia atricapilla* et *Parus major* les pentes en forêt et bocage sont quasi égales : une analyse plus fine de leurs distances de détection serait nécessaire pour expliquer ce fait.

Expériences d'échantillonnages ponctuels simplifiés

Depuis plusieurs années, Blondel propose et utilise une technique d'échantillonnage simplifiée baptisée *échantillonnage fréquentiel progressif* (Blondel 1975). Cette technique revient à considérer, non les fréquences spécifiques (nombres de contacts par espèce) notées en chaque écoute ponctuelle, mais seulement les présence/absence, et à calculer pour *des ensembles de stations* des paramètres tels que le nombre d'espèces (richesse), la fréquence centésimale spécifique (expression en pour cent du nombre de cas où l'espece est présente), etc. (Blondel *et al* 1978) La *simplification de la notation* a un avantage certain : la technique peut

TABLEAU VI — Pentes des droites de correlation densité indice moyen dans les trois grands habitats (pour des densités en *individus/100 hectares*).

	Forêt	Bocage [illegible]	Alpages
Alauda arvensis		40,4	17,24
Anthus spinoletta			11,4[illegible]
Anthus trivialis	15,6		
Lanius collurio		38	
Troglodytes troglodytes	12		
Prunella collaris			12,31
Prunella modularis	129,4	37,8	7,67
Sylvia borin		25,5	
Sylvia atricapilla	19	20,6	
Phylloscopus collybita	89,6		
Phylloscopus bonelli	35,7	17,9	
Phylloscopus sibilatrix	50		
Regulus regulus	67,5		
Regulus ignicapillus	54,5		
Ficedula hypoleuca		25	
Oenanthe oenanthe			19,32
Saxicola rubetra		46,4	15,47
Monticola saxatilis			9,28
Phoenicurus phoenicurus	20		
Phoenicurus ochruros			10,40
Erithacus rubecula	44,6	86,4	
Turdus merula		11,3	
Parus montanus	49		
Parus palustris	112		
Parus cristatus	57,8	12,9	
Parus caeruleus	70,5		
Parus ater	33,6	12,1	
Parus major	48,3	49,6	
Sitta europaea	22,1		
Certhia familiaris	9		
Certhia brachydactyla	50		
Petronia petronia		36	
Fringilla coelebs	37	21,9	
Pyrrhula pyrrhula		25	
[illegible] citrinella	9		
Carduelis carduelis		35,5	
Acanthis cannabina			34,00
Emberiza hortulana		68,4	5,70
Emberiza citrinella		25,4	

être employée par un observateur peu entraîné au repérage spatial et à l'individualisation des couples cantonnés, puisque seule la notation ou absence de notation de l'espèce est prise en compte Il y a par contre *perte d'information* puisque le même temps de travail de terrain (20 mn) ne fournit pas les données quantitatives apportées par un EPS On peut donc songer à regagner cette information perdue en raccourcissant la durée de la station JARVINEN (1978) rappelle à ce propos que les divers utilisateurs de « points courts » ont travaillé sur des durées allant de 5 à 20 minutes Nous avons donc réalisé en 1975 dans les alpages du Briançonnais une série d'expériences où une notation de présence/absence des espèces est effectuée sur des stations durant 4 minutes seulement Pour les besoins de l'expérience, ces stations ont été réalisées sur des surfaces soumises à un recensement par d'autres techniques, et la comparaison avec l'EPS de 20 minutes a été obtenue par une double notation pendant l'EPS : d'une part une notation normale, d autre part une notation indépendante de presence/absence pendant chacune des 5 tranches de 4 mn qui composent la durée totale de la station. Cinq ensembles de stations ont été ainsi « couverts », chacun correspondant à un secteur relativement homogene d'un alpage. les secteurs "Combes aval" (7 stations EPS, 35 tranches de 4 mn), "Fonteníl supérieur" (8 stations EPS, 40 tranches de 4 mn), "Galibier adret en dessous de 2 400 m" (idem), "Galibier autres"

(idem), "Serre Chevalier" (4 stations EPS, 20 tranches de 4 mn) Le tableau VII indique pour chaque espèce et chaque ensemble la fréquence

TABLEAU VII — Résultats des stations d'écoutes de 4 minutes et des EPS simultanés D = couples par 100 ha (arrondis à l'unité) ; i = indice moyen, f = fréquence centésimale

	Combes aval			Fontenil			Galibier 1			Galibier 2			Serre-Chevalier		
	f	i	D	f	i	D	f	i	D	f	i	D	f	i	D
Alauda arvensis	0,857	4,00	50	/	/	/	0,850	4,50	57	0,075	0,38	2	0,500	1,75	21
Anthus spinoletta	0,915	3,78	40	0,175	0,38	2	0,950	3,63	39	0,975	4,00	43	1,000	4,00	43
Saxicola rubetra	0,372	1,00	15	/	/	/	0,400	0,88	14	/	/				
Oenanthe oenanthe	0,257	0,89	17	/	/	/	0,250	0,50	10	0,275	1,25	24	0,550	1,75	34
Phoenicurus ochruros	/	/	/	0,650	2,25	23	/	/	/	0,375	1,25	13	0,150	0,50	5
Prunella collaris	/	/	/	0,400	1,75	22	0,100	0,25	3	0,575	1,88	23	0,100	0,50	6
Carduelis cannabina	0,029	0,33	11	0,025	0,13	4	0,150	0,63	21	0,025	0,13	4	0,100	0,25	9
Emberiza hortulana	0,057	0,22	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Prunella modularis	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,150	0,75	6
Monticola saxatilis	/	/	/	/	/	/	0,050	0,13	1	0,050	0,25	2	/	/	/

centésimale, l'indice moyen par EPS et la densité estimée d'après cet indice moyen. Les figures 2 et 3 montrent la corrélation existant respectivement entre fréquence centésimale et densité et entre fréquence centé-

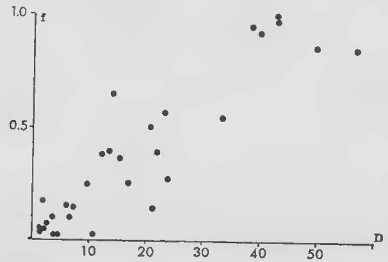


Fig 2 — Corrélation entre fréquence et densité pour des stations de 4 minutes en alpage (10 espèces groupées) Chaque point représente la moyenne d'au moins 20 stations de 4 minutes et par conséquent d'au moins 4 stations EPS.

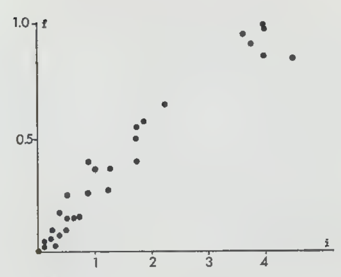


Fig. 3. — Corrélation entre fréquence et indice moyen par EPS pour des stations de 4 minutes en alpage. Même commentaire que figure 2.

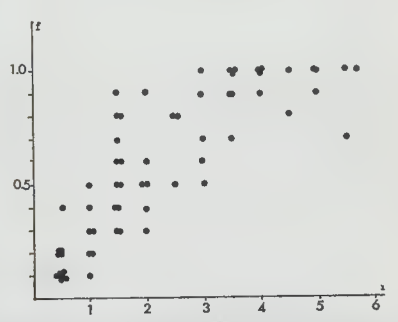


Fig. 4. — Corrélation entre fréquence et indice moyen par EPS pour des stations de 4 minutes. Chaque point représente la moyenne de 10 stations de 4 minutes (ou 2 EPS).

simale et indice moyen EPS Il est manifeste que la corrélation avec la densité est mauvaise, tandis qu'elle est visuellement excellente avec l'indice EPS. La droite de corrélation a l'équation suivante :

i = 4,127 f — 0,132, avec un coefficient de corrélation : 0,97.

Les points représentatifs des ensembles de stations de 4 mn sont tous dans une bande relativement etroite de part et d'autre de la droite. Les points correspondant à "Serre Chevalier" et qui représentent la fréquence calculée sur 20 stations de 4 mn seulement ne sont pas plus éloignés que les autres de cette droite.

En revanche (fig. 4), lorsqu'on teste la corrélation fréquence/indice par groupe de 10 stations de 4 mn, la corrélation positive subsiste, mais la conversion fréquence-indice s'agrémente d'une incertitude tres importante

Nous retenons de ces experiences, en conclusion, que l'on peut remplacer un ensemble d'au minimum 4 EPS par un ensemble d'au minimum 20 stations fréquentielles de 4 mn. Sous cette condition, la fréquence centésimale specifique peut être traduite en indice, avec une marge d'erreur reduite, et cet indice lui-même converti en densité selon les résultats exposés au chapitre précédent.

Discussion et conclusion : conditions d'emploi des stations d'écoute

Passant en revue les problèmes posés par la conversion des indices ponctuels en densite, JARVINEN (1978) écrit que ceci est possible « if the decrease in detectability with increasing distance from the counting point is describ by some mathematical function ». Cette voie a éte suivie avant lui par AFFRE (1976). Ici nous avons volontairement laisse de côté la modelisation de la station d'écoute pour nous en tenir à la voie expérimentale suggerée par BLONDEL *et al.* (1970) : chercher s'il y a une corrélation entre l'indice ponctuel et une évaluation (indépendante) de la densité de population.

Il est de fait que l'examen detaille des observations réalisées par station d'écoute dans des zones à populations d'oiseaux connues n'encourage pas à rechercher un modèle simple de liaison entre l'indice d'écoute et la densité. Les tentatives faites pour lier un nombre de contacts spécifiques à une densité *locale*, calculée pour une surface egale au cercle dont le rayon est la *distance de détection*, ont toujours échoué (LE LOUARN 1977, et nombreuses données inédites). Il apparaît une corrélation quand on compare les indices moyens pour *4 ou 5 stations au minimum* avec la densité calculée pour une surface d'au moins 10 ha englobant ces stations. Ceci est en accord d'une part avec le mode d'utilisation de l'espace par les espèces dites « territoriales » (en fait beaucoup moins territoriales qu'on ne le considère habituellement), d'autre part avec le seuil d'apparition d'une corrélation entre fréquence et indice EPS dans le cas des stations de 4 mn.

Dans la pratique, il m'apparaît que la station d'écoute dite "EPS" est, outre ses autres utilisations, un excellent outil d'*évaluation des densités*, sous réserve :

— de calculer les indices moyens spécifiques sur un minimum de 5 stations espacées de 100 à 500 m dans un même « grand habitat » ;
— de disposer d'une équation de conversion en densité correcte pour *chaque espèce* et pour chaque *grand type d'habitat* (forêt, zone bocagère, zone découverte).

Nous disposons seulement, pour l'instant, de bonnes équations pour 13 espèces en forêt, 10 espèces en bocage, 10 espèces en zone découverte, et de coefficients « approchés » pour 9 espèces en forêt et 10 espèces en bocage. Je ne tiens pas compte des données inédites qui peuvent exister pour telles autres espèces. Nous sommes de toute façon fort loin des besoins. Toutefois la tâche n'est pas insurmontable et il conviendrait que *toute opération de recensement par la technique des quadrats soit accompagnée de la réalisation de stations d'écoute, faites aux dates voulues, et permettant l'établissement de nouvelles équations.* C'est d'autant plus aisé que les stations d'écoute sont un élément parmi d'autres pour la réalisation du recensement par quadrat.

Enfin on peut confier à des observateurs moins entraînés, avec une garantie de bons résultats, la réalisation d'ensembles d'au moins 20 stations « présence-absence » de 4 minutes pour toute parcelle d'au moins 10 hectares d'un habitat à étudier.

SUMMARY

Points counts of breeding birds provide indexes that can be transformed in population density following a procedure described in the present paper. Experiments conducted in forest, bocage and alpine pastures are exposed and discussed. For 39 species, conversion coefficients have been computed for one or several of these three great habitats The more open is the landscape, the smaller is the coefficient. Experiments bearing upon the frequency of species in sets of presence/absence records show that a set of 20 "presence/absence" points counts 4 minutes long supplies consistent results.

REFERENCES

AFFRE, G. (1976). — Quelques réflexions sur les méthodes de dénombrement d'oiseaux par sondages (IKA et IPA) : une approche theorique du problème *Alauda*, 44 : 387-409.

BLONDEL, J., FERRY, C., et FROCHOT, B. (1970). — La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par « stations d'écoute ». *Alauda*, 38 : 55-71.

BLONDEL, J (1972) — *Denombrements d'oiseaux par la méthode des IPA.* Note technique polycopiée, Centre d Ecologie de Camargue, 14 février 1972.

BLONDEL, J. (1975) — L'analyse des peuplements d'oiseaux, élément d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E F P.). *Terre et Vie*, 29 : 533-589.

JARVINEN, O (1978). — Estimating relative densities of land birds by point counts. *Ann. Zool. Fennici*, 15 : 290-293.

LE LOUARN, H. (1977). — *Les micromammifères et les oiseaux des Hautes-Alpes. Adaptation à la vie en montagne.* Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris VI.

SPITZ, F (1974). — Facteurs de répartition de l'avifaune en forêt de montagne. *In :* P. BESSON, *Ecologie Forestière*, Paris : Gauthier-Villars

Centre de Recherches de Toulouse,
Laboratoire de la Faune Sauvage et de Cynégétique,
B.P. 12, 31320 Castanet-Tolosan.

L'identification des crânes de petits passereaux. II

par Jacques CUISIN

Le présent article constitue une suite à celui déjà paru dans cette revue (*L'Oiseau et R F O.*, 51, 1981 : 18-31). Il présente les espèces nouvelles trouvées entre-temps, soit par moi même, soit par l'intermédiaire de collaborateurs que je tiens à remercier dès maintenant : P. NICOLAU-GUILLAUMET (Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris), G. GROLLEAU (I.N.R.A.), R. HUBOUX (O.N.C.) et J.-M. JULLIEN (O.N.C.).

Les espèces illustrées appartiennent à huit genres différents. Ainsi, les deux articles traitent de 45 espèces de passereaux (+ le Martinet noir). Au cours de ses travaux sur le régime de l'Effraye, OTTENDÖRFER avait identifié 52 espèces d'oiseaux, dont 42 passereaux, et 28 se retrouvent dans celles que j'ai présentées. Vingt-quatre n'ont pas encore été décrites mais j'en ai illustré 17 qui pourraient être des proies potentielles de l'Effraye en raison de leur taille. Signalons au passage qu'il y a 103 espèces de passereaux en France.

MÉTHODE

Elle reste identique à celle décrite précédemment, mais j'ai pu examiner de petites séries pour presque toutes les espèces. En outre, pour certaines mensurations j'ai utilisé un palmer ayant une précision égale à un centième de millimètre. Pour les références des mensurations, on se reportera à l'article précédent. Cependant j'ajouterai quelques précisions utiles sur la manière dont il faut les prendre.

— Mesure n° 5 : elle est toujours prise à la base du squamosal et non pas à celle de l'os carré, qui manque souvent chez les oiseaux trouvés dans les pelotes de réjection.

— Mesure n° 7 : elle est en réalité prise entre les deux branches de la mandibule (il arrive qu'on trouve seulement une seule branche ; la mesure est alors majorée de 5 %, parfois moins).

— Mesure n° 8 : elle est prise sur le squamosal ou à hauteur de celui-ci si le crâne est plus large au-dessus.

Enfin, il arrive fréquemment que les palatins se séparent du crâne dans les pelotes, tout en restant attachés au dessous des jugaux, et modifient l'aspect du crâne tel qu'il est représenté ici.

Espèce et numéro sur la planche		Numéros des mensurations sur les planches de référence (dimensions en mm)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Bruant proyer	1	37,4	11,3/ 11,4	1,9/ 2	10,2/ 10,6	15,6	9,5/ 10,4	21,5/ 23,2	18	15,7/ 15,8	9,4/ 10,6	4,6/ 5	14,1 16,6	4,8/ 4,9
Bruant des roseaux	2	26,7/ 28,2	8,5	1,2	10,3/ 11,5	12 12,5	8,1/ 8,8	17,8/ 20	14	13	5,9/ 6,6	3/ 3,2	11,1/ 11,5	5,2/ 5,5
Pie-grièche écorcheur	3	35,2	15 5	0,3	14,6	13,6	11/ 11,5	28,5	17,6	17,8	8	4,5	14,2	6,7
Etourneau sansonnet	4	47/ 52	11,7/ 12,3	0,7 1,4	22 5/ 26,2	14,7/ 16,5	18,1/ 20,2	37,4/ 41,6	19/ 19,5	17 19,4	11,1/ 12	5,6/ 7	12 16 2	8,5/ 10
Bec-croisé des sapins	5	34,8/ 36,5	9 2 10,3	0 7/ 1,2	15 15,7	14,3 15,6	G: 11/12 D 1 5/ 12,1	22 6/ 24,5	18,2 19,5	18/ 19,5	12,3 13,5	8 6/ 10,1	21/ 22,4	7 8,1
Pinson du Nord	6	26,8/ 29,7	8,6/ 9,1	0,6/ 0,9	11/ 12,4	12,1/ 12,6	10,6/ 11	19,7/ 21,1	13,4/ 14,1	13,5/ 14	7,2/ 8,4	4/5	12,3/ 13,7	6,8/ 7,5
Linotte mélodieuse	7	24/ 24,5	7,2/ 8	0,4/ 0 8	8 2/ 9,4	11,3/ 12,1	7/ 7,5	15/ 16,2	13,5/ 14,1	12,5/ 13	6,6/ 6,7	4,4/ 5,1	11,5/ 11,8	4,8/ 5
Traquet pâtre	8	31,5	10,7	0,7	13,4	12,2	-	23,2	14,8	13,8	6,9	3,2	10 9	4,5
Alouette lulu	9	31,9/ 33	10,6/ 11	0,6	12,4	12,7/ 14	-	22,6	15,6/ 16,6	14,1/ 15,4	7,1	4	12,1	4,5

COMMENTAIRES ET LISTE NUMEROTEE DES ESPECES

1 — Bruant proyer (*Emberiza calandra*). 2 exemplaires. Les os carrés manquent sur le spécimen dessiné (ce qui arrive souvent dans les pelotes). Présente tous les caractères des bruants mais est beaucoup plus gros. Squamosal bien développé

2. — Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*). 3 exemplaires. Les mensurations ont été prises avec la rhamphothèque Par rapport à *E. citrinella*, la cassure de la mandibule est plus douce, arrondie ; les narines sont plus arrondies, crâne plus globuleux.

Espèce analogue : Chardonneret plus petit ; bec plus busqué ; mandibule et paroi interorbitaire différentes.

3. — Pie-grièche écorcheur (*Lanius collurio*). 1 exemplaire. Le bec est caractéristique (bien examiner les narines) en raison de la sa forme trapue.

Espèces analogues · Turdidés : plus grands ; bec plus grand et plus effilé ; narines plus longues.

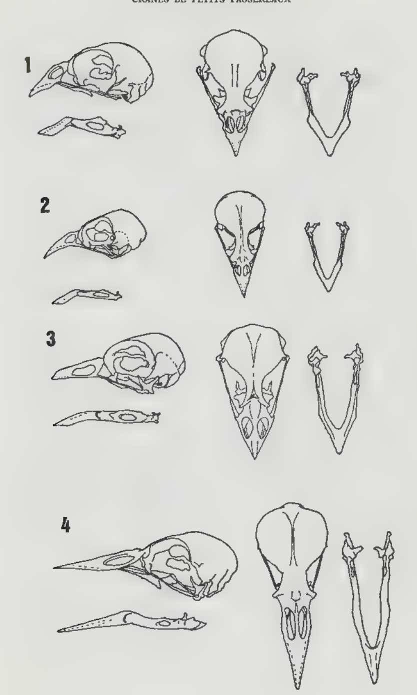
4 — Etourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*). 4 exemplaires. Ne peut être confondu en raison de sa taille et de sa finesse.

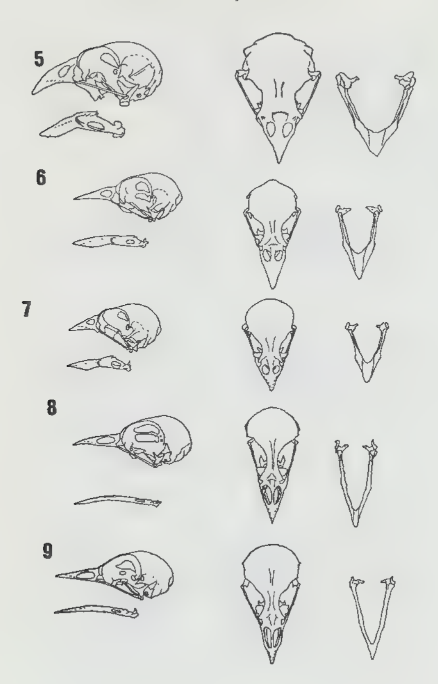
5. — Bec-croisé des sapins (*Loxia curvirostra*). 7 exemplaires Comme on le sait, il existe chez cette espèce des individus droitiers et d'autres qui sont gauchers. Cette différence s'observe surtout sur la mandibule inférieure lorsque la rhamphothèque manque. Ainsi, la mesure n° 6 est-elle dédoublée ; la mandibule est considérée vue de dessus, la pointe opposée à l'examinateur. La mesure *a* (la première donnée dans le tableau) est prise du côté droit, la mesure *b* est prise du côté gauche On notera, sur le crâne, une crête temporale entre le squamosal et le bord de l'orbite, qui est très développée Le crâne étant vu de dessus, la mesure n° 8 a été prise normalement. La largeur des crêtes temporales n'est pas donnée, car elle n'aurait de signification que pour cette espèce.

Espèce analogue Gros-bec. plus gros et bec plus epais et plus large.

6 — Pinson du Nord (*Fringilla montifringilla*). 5 exemplaires. La mesure n° 11 est en moyenne supérieure de 1,0 mm par rapport à *Fringilla coelebs* (*F. coelebs* = 3,8 — 4,4 mm. *F. montifringilla :* voir tableau)

Espèce analogue Pinson des arbres. Distinction très difficile, parfois même impossible.


1
2
3
4


5
6
7
8
9

7. — Linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina*). 6 exemplaires. Bec relativement court, par rapport à la masse du crâne.

Espèces analogues · — Chardonneret : bec plus long et plus fin, narines plus petites. — *Passer sp* juvénile : distinction difficile Regarder la forme des narines et par dessus, à travers celles-ci, la partie visible du plancher du bec Celle-ci est plus importante chez la Linotte et les narines sont moins anguleuses que chez les jeunes Moineaux.

8. — Traquet pâtre (*Saxicola torquata*). 1 exemplaire. La mesure n° 6 ne peut pas être prise car il n'y a pas de point de repère sur la mandibule.

Espèces analogues très nombreuses, en particulier : — Rouge-gorge : paroi inter-orbitaire différente (la barre est courbe) ; palatins (vus de dessus) différents — Traquet motteux et Traquet oreillard : plus grands. — Fauvettes (*Sylvia*) : les narines sont différentes chez les Fauvettes grisette et des jardins La boîte crânienne est plus allongée chez la Fauvette à tête noire. — Rouge-queue à front blanc : palatins (crâne vu de dessus) différents ; bec légèrement concave à l'extrémité ; paroi interorbitaire différente. Voir aussi le Rouge-gorge. — *Motacilla, Acrocephalus, Locustella* : crâne d'allure générale beaucoup plus fine.

9 - Alouette lulu (*Lullula arborea*). 2 exemplaires. Mesure n° 6 : même remarque que pour *Saxicola torquata* Caractéristique des Alaudidés : le processus orbitaire postérieur est percé d'un trou assez important (+ ou — 1 mm).

Espèces analogues : — Traquet motteux : bec plus long, paroi inter-orbitaire différente, le processus orbitaire postérieur n'est pas développé — Alouette des champs : profil plus aplati ; processus orbitaire postérieur beaucoup plus gros.

SUMMARY

Following a first paper about identification of skulls of small passerines (36 species), we present here drawings of nine others These may help students of owl pellets and food remains of birds of prey.

REFERENCES

FINCKENSTEIN, H. von (1937). — Die Artbestimmung der häufigsten deutschen Fringillidae nach dem Schadelskelett. *Anz Orn. Ges Bayern*, 2 : 393-403.

UTTENDORFER, O. (1952) — *Neue Ergebnisse uber die Ernahrung der Greifvogel und Eulen.* Stuttgart : Verlag E. Ulmer.

40, rue Pierre Corneille,
78000 Versailles.

Contribution à l'étude écologique des Passereaux forestiers du Plateau Central et de la corniche du Moyen Atlas (Maroc)

par Michel THEVENOT

Introduction

Les peuplements de Passereaux nicheurs des forêts du domaine paléarctique ont fait l'objet au cours des dernières décennies de nombreuses études d'écologie quantitative (CONSTANT et coll. 1973, ENEMAR 1959, FERRY 1960, FERRY et FROCHOT 1968, 1970, FROCHOT 1971, HAAPANEN 1965-66, LEBRETON et coll. 1971-72, 1976, TURCEK 1956...), cependant peu d'entre elles concernent la région méditerranéenne (BLONDEL 1969, BLONDEL et coll. 1972, 1978, PURROY 1974, 1975...) et, à notre connaissance, aucune n'a jusqu'à présent été menée sur la rive sud de la Méditerranée. Ce travail constitue donc une première approche du sujet ; il est axé sur l'étude écologique des peuplements de Passereaux forestiers nicheurs d'une région naturelle du Maroc et de ses marges Il présente un inventaire écologique des avifaunes forestières, suivi d'une discussion sur leur structure et leur composition en fonction des principales variables de la végétation et du milieu Dans un premier chapitre sont exposés les grands traits du cadre géographique et bioclimatique ainsi que la répartition de la végétation climatique de la zone d'étude. On y trouve également la définition de la notion d'étage bioclimatique et des divers types de végétation ligneuse du Maroc (matorrals et forêts). Le deuxième chapitre traite du choix et de la description des stations puis de la méthodologie d'échantillonnage (échantillonnage stratifié par IPA). Nous montrons ensuite comment le traitement des données par deux méthodes d'analyse multivariée (analyse factorielle des correspondances et classification automatique) permet l'organisation du tableau initial des données et son interprétation. Le troisième chapitre présente les 48 espèces aviennes recensées sous l'angle auto-écologique. Dans le quatrième chapitre sont décrites la composition et la structure des avifaunes de 8 formations forestières : forêts ou matorrals de Chênes vert, liège et zène, Thuyas,

Cèdres et Pins maritimes. Des comparaisons avec des milieux homologues du domaine paléarctique sont esquissées. Le cinquième chapitre constitue un essai de synthèse écologique et biogéographique où sont abordés les problèmes de la structure et de l'évolution des peuplements d'oiseaux en relation avec la structure et la productivité du milieu végétal. Sur le plan biogéographique est soulevé le problème de l'insularité des massifs forestiers étudiés et de ses conséquences sur les avifaunes.

LE MILIEU D'ETUDE

I. Esquisse géographique et aperçu climatologique

Localisée dans le quart NW du Maroc, la région étudiée comprend la corniche moyen atlasique, extrémité occidentale du Moyen Atlas tabulaire formé de calcaires du Jurassique, et le Plateau Central *sensu lato*, imposant massif hercynien qui fait affleurer entre le Moyen Atlas et l'Atlantique un bloc compact de terrains paléozoïques. Elle a été délimitée et située par rapport aux grandes masses montagneuses du pays (Rif, Moyen Atlas et Haut Atlas) sur la carte de la figure 1.

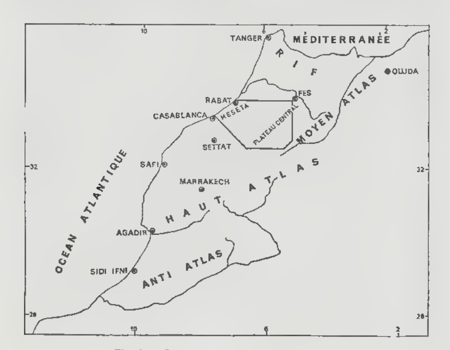


Fig. 1. — Localisation de la région étudiée.

I.1. Esquisse géographique (voir fig. 4)

Pour la redaction de ce paragraphe, nous avons largement puisé dans les travaux de Beaudet (1959 et 1969), Beaudet et coll. (1967) et Mathez (1976) en ce qui concerne le Plateau Central ; pour le Moyen Atlas, les données ont été tirées de Martin (1964) et Lepoutre et Martin (1967).

I.1.1. *Le Plateau Central*

« Le Plateau Central marocain constitue une épaisse masse de terrains primaires limites à l'W par les étendues planes de la Meseta littorale, au N par le Plateau de Meknès. A l'E les tables du Causse moyen atlasique et les hautes chaînes du Moyen Atlas le dominent tandis qu'il disparait au S sous le Plateau Crétacé des Phosphates » (Beaudet 1959).

Ainsi défini, le Plateau Central est constitué de quatre unités majeures de relief. Dejeté vers l'E se tient le *Haut Pays* ou se juxtaposent des massifs de crêtes culminantes et des lambeaux d'un plateau superieur defonce par l'entaille vigoureuse du réseau hydrographique. Accolee à ce Haut Pays, la *dépression orientale* étale ses plaines surmontées de barres rocheuses au pied du Moyen Atlas Enfin, disposes en aureole au S, à l'W et au N du Haut Pays, se tiennent deux larges gradins, un *palier intermédiaire* dominant un *palier inférieur*, ce dernier, regroupant les plaines et plateaux qui s'étendent jusqu'à l'océan, est designé sous les termes de *Meseta littorale*. Il n'appartient pas au Plateau Central *sensu stricto*.

Ne nous interessant qu'aux zones boisées, nous n'avons pas travaillé dans la depression orientale presque entièrement déboisée ; nous avons par contre prospecté le Haut Pays et une partie du palier intermédiaire (massif du Khatouate) et du palier inférieur (plateau de Merchouch, vallee de l'oued Korifla et plate-forme de Sidi-Bettache).

Le Haut Pays.

Le Haut Pays atteint 1 627 m au Jbel Mtourzgane situé au centre d'un paysage de crêtes culminantes depassant en general 1 300 m, mais les altitudes décroissent vers le N et vers l'W de sorte qu'elles ne depassent guère 1 000 m au contact du palier intermédiaire. Ces sommets dominent des hauts plateaux étages entre 1 250 et 1 000 m environ (Ment 1 200 m, Telt 1 250 m, Fourhal 1 100 m...), qui dominent eux mêmes un ensemble de vallées rapprochees. Les cours surimposés des grands oueds sont en effet profondement encaissés, les fonds de vallées des oueds Bou Regreg et Beth, en plein cœur du Haut Pays, se situent à moins de 600 m d'altitude. Ainsi le relief est-il pour une bonne part un relief en creux : « A peine s'est on enfoncé dans une des innombrables vallées d'un réseau hydrographique particulièrement chevelu, que l'on pénètre dans un univers de collines intriquées, de gorges profondes et sinueuses ou au contraire de larges dépressions à fond plat » (Mathez 1976).

Le Palier intermédiaire.

Il est formé de plateaux qui se tiennent généralement entre 600 m et 800 m d'altitude, dominés par des crêtes de 700 à 1 000 m. L'altitude générale s'abaisse vers l'W, tombant en-dessous de 500 m à l'extrémité occidentale du Plateau Central. Les fonds de vallees restent souvent notablement encaissés. Cet ensemble de plateaux, interrompus de dépressions, constitue un gigantesque palier entre les reliefs culminants et les étendues monotones

de la basse Meseta. De cette vaste région, nous n'avons retenu dans cette étude que le massif du Khatouate et des Mdakras, qui est une des rares zones de ce secteur à avoir conservé une partie de sa végétation climacique. Il culmine à 840 m et est formé de crêtes arrondies alternant avec des vallées vigoureuses aux pentes convexes. Les croupes s'inclinent très régulièrement vers le N et le NW et se raccordent insensiblement, à proximité de Sidi-Bettache et Ben-Slimane, au plan de la basse Meseta.

La Meseta littorale.

Cette expression désigne le compartiment le plus bas du Plateau Central occidental. Elle est constituée de vastes plateaux monotones qui débutent au pied des premiers reliefs intérieurs à environ 500 m d'altitude et descendent en pente douce jusqu'à la mer. Les oueds qui séparent ces plateaux présentent deux aspects bien contrastés : lorsqu'ils s'encaissent dans le socle primaire, ils forment des gorges aux versants raides (oued Korifla) ; au contraire, à la traversée des fossés triasiques, les vallées s'élargissent, pouvant même s'épanouir en véritable bassin comme à Romani.

I.1.2. *Le Moyen Atlas tabulaire*

La partie occidentale du Moyen Atlas, ou Causse moyen atlasique, forme un grand ensemble de plateaux étagés de 1 000 à 2 000 m d'altitude qui offrent les paysages classiques des hauts plateaux calcaires.

Bien délimité de la plaine du Saïs au N et du Plateau Central à l'W par des corniches ou des escarpements qui peuvent atteindre 300 à 400 m, il s'accole vers l'E au Moyen Atlas plissé, zone montagneuse en général plus élevée, de structure nettement plissée et qui porte les sommets les plus élevés de la chaîne (Jbel Bou-Iblane 3 190 m et Jbel Bou-Nasseur 3 340 m).

Le Causse se décompose en blocs inégalement exhaussés : plateaux d'El-Hajeb (1 100 à 1 500 m), plateaux d'Azrou à Timahdite (1 500 à 1 900 m) et plateaux de l'Aguelmane Sidi-Ali (1 900 à 2 100 m). L'allure tabulaire marquée de ces épaisses couches calcaires est cependant rompue par quelques alignements de hauteurs qui atténuent la monotonie du paysage (Jbel Hayane...). De plus des dépressions karstiques et tectoniques accidentent ces horizons plans, des volcans quaternaires s'y dressent (Jbel Hebri...), dominant d'immenses coulées de basaltes qui s'épandent au N et à l'W sur les calcaires et les dolomies du Jurassique inférieur.

Le bloc-diagramme en encart de la figure 4 montre l'étagement et la succession des reliefs de l'Ocean Atlantique à la corniche du Moyen Atlas occidental et schématise leur structure géologique.

I.2. Aperçu climatologique

Le climat régional est du type méditerranéen, c'est-à-dire de zone tempérée et à pluviosité concentrée sur les mois froids ou relativement froids de l'année, de l'automne au printemps ; l'été, saison chaude, étant sec Le réseau des stations climatologiques de la région étudiée est lâche, surtout au niveau du Haut Pays du Plateau Central. Il ne fournit qu'un aperçu des climats de la région et ne permet pas de connaître avec exactitude l'effet de l'exposition ou de l'altitude sur les mésoclimats. C'est ainsi, en particulier, que les conditions climatiques qui règnent au fond des vallées sont pratiquement inconnues.

Les renseignements disponibles figurent sur le tableau I : n'ont été retenues que les stations les plus proches des massifs forestiers étudiés et dont la situation topographique n'était pas trop aberrante. Les seules données qui présentent suffisamment de garanties sont celles extraites

TABLEAU I. — Données climatiques de quelques localités proches des stations forestières étudiées.

Stations	Altitude	P	m	M	Q	I.P.A. correspondant
Ifrane	1635	1201	-4,2	30,6	110,4	1
Daïet-Hachlaf	1750	666	-4,5	30,0	67,5	2-3
Tioumliline (1952-55)	1550	1050	-0,7	33		4-7-8
Azrou	1250	837	2,3	32,5	95,4	4-5-6-7-8
Aïn-Leuh (1933-63)	1450	970	1,4	32,8		4-7-8
El Hajeb	1050	660	2,0	33,4	71,7	5-6
Daïet-Aoua	1500	620	-2,3			23
Immouzer-Kandar	1440	663	0,0	28,8	80,0	23
Tifourhaline (1972)	1260	581,6				9
Ras-el-Ktib (1971)	1100	924,8				9
" " " (1972)	"	596,9				"
Oulmès	1260	773	3,1	33,8	86,3	9 à 15-22-24-31-32-33
Moulay-Bouazza	1070	579	3,7	33,9	65,7	25-26-27-34
Tiliouine (1971)	1000	1031,2				10-11
" (1972)	"	715,4				" "
" (1973)	"		5,25	32,8		" "
El-Harcha (1973)	1000	588,2	3,2	32,5		12-13-24
Tiddas	500	501	4,7	35,3	53,9	28-29-31-32-33
Timeksaouine (1971)	752	833,6				14-22
" (1972)	"	592,7				" "
" (1973)	"		6,3	33,3		" "
Souk-Sebt Aït-Ikou (1963-74)	387	446,7				15-22
" " (1973)	"		4,6	36,8		" "
Maaziz (1972)	220	328,8				15-22-28-29
" (1973)	"		3,7	36,8		" " " "
Aïn-el-Koheul (1973)	640	306,3	6,5	32,8		28-29
Sidi-Bettache	300	535	6,0	32,2	69,8	16-17-18-19
El-Khatouate	800	535	6,0	33,0	67,7	20-21-30-35-36
El-Gara	360	356	5,2	33,1	65,5	35-36
Bir-Guettara (1957-66)	460	420,4				35-36
" " (1971)	"	671,5				" "
" " (1972)	"	448,4				" "
Rommani	390	430	4,1	36,0	46,0	34-37-38
Benslimane	280	441	6,3	29,8	64,4	37-38

m : moyenne des minima du mois le plus froid M : moyenne des maxima du mois le plus chaud

La période de référence n'a pas été indiquée à la suite des stations pour lesquelles les données citées sont des valeurs moyennes pour 25 années, en général 1925-1949 .

P : moyenne des précipitations annuelles Q : quotient pluviothermique d'EMBERGER

des deux publications fondamentales du Service de physique du globe et de météorologie, l'une concernant les précipitations (1955) l'autre consacrée aux températures (DEBRACH et coll. 1958). Les séries d'observations concernant ces stations sont assez longues pour que les valeurs moyennes aient pu être calculées pour 25 années, de 1925 à 1949, ou même plus ; mais seules

huit stations de notre région y figurent. Pour cinq autres stations, les précipitations citées sont toujours des moyennes calculées sur 25 ans, mais les températures ont été extrapolées (SAUVAGE 1963*a* et MATHEZ 1968). Toutes les autres données concernent des durées beaucoup plus courtes et proviennent des travaux de PUJOS (1966) et LECOMPTE (1969) Les renseignements sur la pluviométrie de 1971 à 1973 des postes du Plateau Central ont été relevés dans le Bulletin mensuel des précipitations, publié par le Service de l'hydraulique ; enfin, durant la même période, les données concernant les postes de Maaziz, Souk-es-Sebt des Aït-Ikko, Timeksaouine, Tilioune, El Harcha et Aïn-el Koheul ont été obtenues par des stations que nous avons installées et relevées avec la collaboration de notre collègue J. MATHEZ.

I.2.1. *Les températures*

Suivant une règle générale au Maroc atlantique, l'éloignement de l'océan et l'altitude jouent un rôle déterminant. La région étudiée n'est par contre pas suffisamment étendue en latitude pour que ce facteur soit vraiment sensible. De façon très générale, l'augmentation de l'altitude a pour effet de diminuer les valeurs des minima et des maxima (diminution de la température moyenne annuelle), l'éloignement de l'océan abaisse les minima et augmente les maxima (augmentation de l'amplitude thermique). Dans notre zone d'étude, l'altitude moyenne des reliefs augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'océan ; aussi les deux phénomènes se combinent de telle façon que leurs effets se renforcent en ce qui concerne

TABLEAU II. — Régime thermique (moyennes pour 25 ans).

	Meseta côtière Ben-Slimane 280 m	Palier interm. El-Khatouate 800 m	Haut Pays Oulmès 1260 m	Causse Ifrane 1639 m
Mois le plus froid (janvier)				
Moyennes des maxima et des minima (m)	16 6,3	14 6,0	11,8 3,1	8,5 -4,2
Moyennes des maxima et des minima extrêmes	21,4 2,4	19,9 0,7	18,5 -2,1	15,8 -13,3
Minimum extrême	-1	-3,1	-9	-24
Mois le plus chaud (juillet ou août)				
Moyennes des maxima (M) et des minima	29,8 17,1	33,0 16,3	33,8 17,9	30,6 11,8
Moyennes des maxima et des minima extrêmes	39,9 10,4	41,9 10,8	40,7 10,6	35,2 5,3
Maximum extrême	47	45,5	45	37
Année				
Moyennes des maxima et des minima	22,9 11,6	22,8 10,4	21,4 9,4	18,2 3,6
Moyennes des maxima et des minima extrêmes	29,9 7,8	30,4 5,6	28,4 3,9	25,9 -3,3
Amplitude thermique M - m	23,5	27	30,7	34,8
Nombre annuel moyen de jours de gel	0	3 ou 4	10 à 15	25 à 30

les températures minimales alors qu'ils se compensent en partie vis-à-vis des températures maximales.

Le tableau II montre l'évolution du régime thermique de la Meseta côtière au Causse du Moyen Atlas ; nous donnons par ailleurs (fig. 2) l'évolution annuelle des températures mensuelles moyennes de quatre stations.

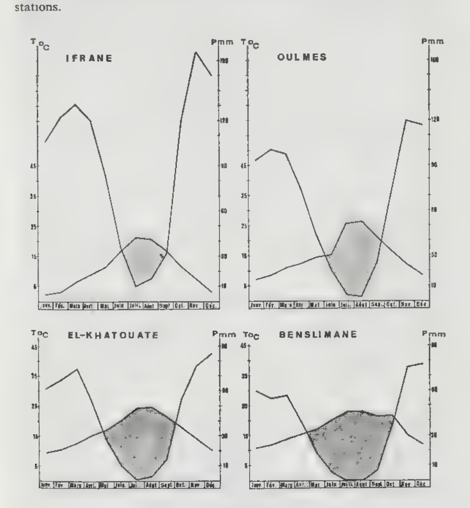


Fig. 2. — Diagrammes ombrothermiques.

Ainsi les moyennes des températures minimales du mois le plus froid (m) sont partout inférieures à 10° et s'abaissent de la Meseta vers l'intérieur, pour descendre en dessous de 0° sur le Causse. Les moyennes des températures maximales du mois le plus chaud (M) sont de l'ordre de 30° près de la côte atlantique et en haute montagne, et d'environ 33° dans le Plateau Central où l'altitude ne compense pas entièrement la continentalité.

D'après la classification des climats du Maroc proposée par Debrach (1) et qui est basée sur l'amplitude thermique extrême moyenne, la Meseta fait partie du domaine littoral, le massif du Khatouate se situe à la limite inférieure du climat semi-continental auquel appartiennent le Haut Pays et le Causse moyen atlasique ; cette dernière région se rapprochant de la limite du climat continental.

Le gel, rare pour ne pas dire inconnu de la Meseta, est un phénomène habituel dans le massif du Khatouate mais sa fréquence ne dépasse pas quelques jours par an, elle atteint par contre une durée de 10 à 30 jours dans le Haut Pays et le Causse du Moyen Atlas.

I.2.2. *Les précipitations* (voir tableau III)

La répartition géographique des précipitations met en relief l'influence de l'altitude, complétée par des conditions de topographie et d'exposition : les versants exposés à l'W et au NW sont mieux arrosés que les versants exposés à l'E ou au SE. Les quantités d'eau enregistrées ne dépendent

TABLEAU III. — Répartition mensuelle des précipitations.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Meseta litorrale													
Ben-Slimane (280 m)	60	55	57	39	19	6	0	0	7	44	76	78	441
Sidi-Bettache (300m)	67	64	64	50	26	9	0	0	9	55	92	99	535
Palier intermédiaire													
El-Gara (360 m)	44	43	51	39	16	4	.0	0	6	35	59	59	356
El-Khatouate (800 m)	62	68	77	54	28	10	1	3	15	55	77	85	535
Haut Pays													
Moulay-Bou-Azza (1070m)	71	69	73	58	30	10	3	3	18	62	88	94	579
Oulmès (1260 m)	94	101	98	74	44	20	4	3	25	73	120	117	773
Causse moyen atlasique	106	122	131	120	84	35	10	15	32	121	165	160	1101
Ifrane (1635 m)													

qu'accessoirement de la position en latitude ou du degré de continentalité. Comme dans tous les pays méditerranéens, les précipitations présentent une importante irrégularité d'une année à l'autre. Le total annuel peut varier dans les proportions de 1 à 4.

La répartition saisonnière des précipitations est caractérisée par un régime à deux maxima : le plus important en fin d'automne (novembre et décembre), l'autre à la fin de l'hiver en mars. Il y a donc deux minima : le principal en été (juillet et août), caractéristique des climats méditerranéens, l'autre en hiver (janvier et février) généralement peu marqué. La rigueur de l'été méditerranéen fait que toutes les courbes pluviométriques

(1) J Debrach (1953) s'est basé sur l'amplitude thermique extrême moyenne (M — m) pour proposer une classification thermique des climats :

Climat insulaire	M — m inférieur à 15° C
Climat littoral	M — m compris entre 15° et 25° C
Climat semi-continental	M — m compris entre 25° et 35° C
Climat continental	M — m supérieur à 35° C

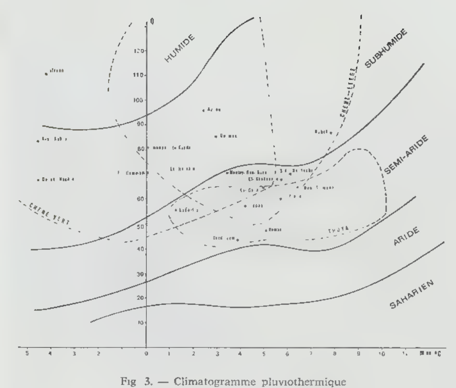


Fig 3. — Climatogramme pluviothermique

TABLEAU IV — Distribution de l'échantillonnage en fonction des principaux paramètres écologiques.

Essence	type de végétation	région ML	PC	MA	étage biocl. SA	SH	H	nombre total de stations
Thuya	matorral	4	4	-	8	-	-	8
Chêne vert	matorral	-	7	1	5	2	1	8
Chêne vert	forêt	-	1	2	-	1	2	3
Chêne-liège	matorral	-	1	-	-	1	-	1
Chêne-liège	forêt	6	6	-	7	5	-	12
Chêne zène	forêt	-	-	3	-	-	3	3
Cedre et Pin	forêt	-	-	3	-	-	3	3
		10	19	9	20	9	9	38

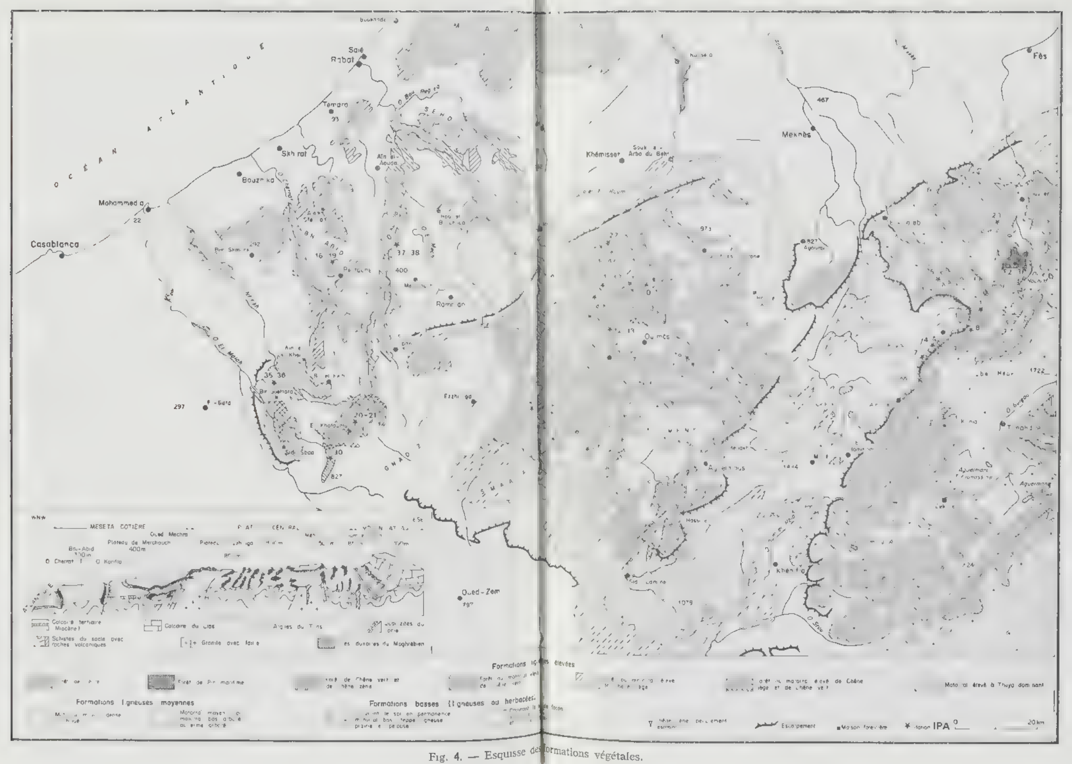


Fig. 4. — Esquisse des formations végétales.

TABLEAU V — Valeurs d'IPA dans les stations forestières étudiées

Espèce	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1 Alectoris barbara									1	0.5		1			2	0.5	3			2.5	2.5		1		1		1	2	0.5	5		5		2.5		1.5	1.5	2
2 * Francolinus bicalcaratus																		2																				
3 * Columba oenas				1																																		
4 Columba palumbus	2	2	2	1	1	2	2	2	1.5	1		3		1	3	2	5	3		3	3.5	1	2	2	2		2			1	1	1	[illegible]					
5 Streptopelia turtur		1	1	2	1	1	1	[illegible]	3	1	2.5	[illegible]	3.5		3.5	2	2	[illegible]	3	4	4	1	3	4	3	4	4	5	4.5	4	4	3	4	[illegible]	5.5	5	4.5	[illegible]
6 Cuculus canorus																3	3				2			1	2					1	2		2	2	2	[illegible]	2	
7 * Merops apiaster																	3	1																				
8 Coracias garrulus					2			5					5	5										1					0.5			0.5	0.5					
9 [illegible]																					1																	
10 Picus viridis		0.5						2	1	1			0.5	1							1				0.5													
11 Dendrocopos major		0.5				1	1.5	0.5	0.5	1	0.5		1	1	0.5	0.5		2	1	1	0.5	1		0.5		0.5			0.5									
12 Galerida theklae																													0.5	0.5				2	1	1.5		0.5
13 Lullula arborea																						1	2		1	1				1								
14 Pycnonotus barbatus																	5							0.5	0.5		0.5	1	1		1		2		3	5		1
15 Lanius senator																							1				1							1	0.5	[illegible]	0.5	
16 Tchagra senegala																	2	2												1				1	2		2	1
17 Troglodytes troglodytes	4.5	4.5	2	3				3	1	4	3	4	2		2.5									3	2	1		2	2.5		2.5		2					
18 Oenanthe hispanica																																				1		
19 Cercotrichas galactotes																									1		2			1				2	1	[illegible]	[illegible]	2.5
20 Phoenicurus phoenicurus	0.5																						3															
21 Erithacus rubecula				1				[illegible]	2														2															
22 Luscinia megarhynchos																		2					2	2				5	2	1	2	1	2	2		2	2	
23 Turdus merula	3.5	1.5	2	3.5	2	[illegible]			5	.5					2		2	2	2.5	2.5	5	0.5	3	2.5	2	2	[illegible]		2	2.5	3	2	3	2.5	2		3	3.5
24 Turdus viscivorus	2	1																			0.5	0.5		1	2			2	3		2		2			2		5
25 [illegible]																																						
26 Hippolais polyglotta																																						
27 Hippolais pallida																																						
28 * Sylvia hortensis																																						
29 Sylvia atricapilla																								2.5							1.5	4	1					
30 Sylvia communis				4																																		
31 * Sylvia cantillans																							3															
32 Sylvia melanocephala											0.5					2	2	2.5	3.5	1	1		1.5	0.5					5		3	3.5	3		[illegible]	3		
33 Phylloscopus bonelli	1	2	3	3.5			2	1		0.5	2				1				1		0.5	0.5		1	2			2	3									
34 Regulus ignicapillus	6	2																																				
35 Ficedula hypoleuca																																						
36 Muscicapa striata	0.5																0.5																					
37 Parus ater	4																																					
38 Parus caeruleus								5	5																0.5	5		5	4.5		5	2			1.5		1	
39 Parus major	1.5							1											5	3	2.5	0			3	5	5			1.5			2	1				
40 Sitta europaea																																						
41 Certhia brachydactyla													5	2																								
42 Emberiza calandra																											3	1	2	1.5				3	2			
43 Emberiza [illegible]																								1	2	2			1				2	2.5	1	1	1	
44 Emberiza [illegible]																													1		2		5					
45 Fringilla coelebs	7	6	5.5	4.5	5	4		[illegible]							5	5	3	[illegible]	5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.5	5.5	4.5	0	1.5	3.5	2.5								
46 Carduelis carduelis							1.5	5				0.5		0.5		1.5	1	1.5		2	3	0.5		0.5	3		2	3.5	2				1	1	1.5	3	2.5	3.5
47 Carduelis chloris			0.5			1.5														0.5					.5									0.5	2.5	3	0	
48 Serinus serinus	1		3	2			1.5	0							0.5		2	2	3		1			1.5	5	0.5	0.5		5		1		1	2.5	3	2.5	2.5	4
49 Acanthis cannabina																				0.5						0.5				1					1.5	1		
50 Coccothraustes coccothraustes		0.[illegible]											0									2.5			0.5													
51 * Passer hispaniolensis																																		2				
52 Sturnus unicolor					4	3		3	1	1.5		5	5																									
53 Oriolus oriolus						1			2		3	2	1.5	2	2	[illegible]		3	2	3	3	2		2	1.5	1	2			1	2		2	1		1		
54 Garrulus glandarius	0.5				0.5	0.5	0.5	0.5	1	1		1		1	0.5	0.5	0.5			1		0.5	0.5	1	0.5		1	0.5		[illegible]	0.5	0.5	0.5					
55 Pica pica															0.5						0.5																	

* espèces éliminées lors du traitement des données

Source MNHN Paris

annuelles se ressemblent ; dans chaque station les quatre mois de juin, juillet, août et septembre reçoivent des précipitations faibles ou nulles. Les diagrammes ombro-thermiques de la figure 2 rendent compte du phénomène et soulignent le nombre de mois secs (GAUSSEN et BAGNOULS 1953) dont le total des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température exprimée en degrés centigrades.

En hiver la neige tombe régulièrement à partir de 1 000 mètres d'altitude mais nulle part elle ne persiste très longtemps.

La Meseta côtière reçoit de 400 à 500 mm de pluie environ. La sécheresse estivale est particulièrement bien marquée (il y a deux mois sans une goutte de pluie à Ben Slimane et Sidi Bettache), mais cette aridité est atténuée par la proximité de l'océan : la fraîcheur des brises marines et la fréquence des brouillards matinaux provoquent des précipitations occultes par condensation.

A l'écart du trajet des dépressions anticycloniques qui passent habituellement au N du Plateau Central, *le massif du Khatouate* (800 m) ne reçoit que 535 mm, moyenne identique à celle de Sidi Bettache (300 m) situé plus au N dans la Meseta.

Les chutes de neige sont inconnues à Ben-Slimane et Sidi-Bettache (Meseta) et rares à El-Khatouate : une chute en moyenne tous les deux ans, qui fond presque aussitôt parvenue au sol.

Le Haut Pays se caractérise par des précipitations plus soutenues. Les deux stations du Haut Pays, Oulmès (1 260 m) et Moulay-Bou-Azza (1 070 m) reçoivent respectivement des tranches d'eau annuelles de 773 et 579 mm, encore ne sont-elles pas situées dans les régions les mieux arrosées. A en croire quelques relevés trop brefs, les précipitations des sommets du Plateau Central pourraient atteindre et dépasser 800 mm ; GAUSSEN et coll. (1958) supposent que les crêtes culminantes reçoivent une moyenne supérieure à 900 mm. Mais cette région est marquée par l'opposition profonde de ces hautes terres bien arrosées et des vallées très encaissées comme celles du Beht, du Bou-Regreg et du Grou, où, par comparaison avec ce que l'on sait des régions voisines, il est presque certain que les précipitations qui parviennent au fond de ces vallées sont beaucoup plus faibles, de l'ordre de 500 mm ou même moins. Si la sécheresse estivale reste bien marquée, l'altitude provoque cependant des pluies estivales inconnues du bas pays : après avoir reçu 20 mm en juin, Oulmès reçoit 7 mm en juillet et août ; septembre, marqué par de fréquentes pluies d'orage, totalise 25 mm.

Le Haut Pays occupe vis-à-vis de la neige une position intermédiaire entre les régions moins élevées qui l'entourent, où la neige est exceptionnelle, et le Moyen Atlas qui le domine. En effet la neige tombe chaque année au-dessus de 1 000 m avec des chutes de durée variable en fonction de l'altitude, atteignant trois jours par an à Oulmès et une dizaine de jours sur les sommets. Cependant la couverture neigeuse est assez éphémère ; au total, après les différentes chutes, elle ne subsiste pas plus de 9 jours à Oulmès et probablement 15 jours au plus sur les crêtes culminantes du Haut Pays (MATHEZ 1976).

Le Causse moyen atlasique doit à son altitude élevée et à sa position topographique favorable de recevoir des précipitations nettement supérieures, de l'ordre de 1 mètre (1 100 mm à Ifrane) et même plus sur les reliefs des bordures du Causse (1 200 mm d'après GAUSSEN et coll. 1958, sur une crête boisée au-dessus d'Azrou). La période des pluies s'étend de novembre à avril mais, pendant la saison sèche, des orages suivis d'averses

brutales peuvent éclater ; Ifrane reçoit ainsi 25 mm de pluie en juillet et août. En hiver les chutes de neige sont fréquentes et abondantes ; la neige tombe pendant 15 à 20 jours par an en moyenne à Ifrane. Grâce à des températures hivernales relativement basses, l'enneigement est sensiblement plus long, de sorte qu'au-dessus de 1 500 m la neige couvre le sol pendant plus d'un mois (30 à 50 jours par an à Ifrane).

II. Les bioclimats et la végétation

Ce chapitre est très largement inspiré des travaux de EMBERGER (1939), SAUVAGE (1961 et 1963), MATHEZ (1968 et 1976), PUJOS (1966) et LECOMPTE (1969).

II.1. LES BIOCLIMATS MÉDITERRANÉENS

II.1.1. *Définitions*

L'étude des bioclimats de la région méditerranéenne et plus spécialement du Maroc est due à EMBERGER qui a procédé à leur délimitation grâce au quotient pluviothermique Q ci-dessous (1955) et aux valeurs de la moyenne m des minima du mois le plus froid. Le quotient pluviothermique se calcule suivant la formule suivante :

$$Q = \frac{1000\ P}{\frac{M + m}{2}\ (M - m)}$$

M étant la moyenne des maxima du mois le plus chaud, exprimé comme m en degrés absolus, et P la moyenne des précipitations annuelles en mm.

En effet selon EMBERGER (1939) « la vie végétale marocaine est avant tout armée pour supporter la sécheresse plus ou moins grande et de durée plus ou moins longue, sécheresse qui est fonction à la fois de la quantité de pluie, des températures et de l'évaporation. L'expression synthétique du milieu climatique méditerranéen doit avant tout exprimer le trait dominant général, qui est la sécheresse de la saison chaude ».

Ainsi « pour EMBERGER, la pluie peut sans inconvénient être représentée par le total P de la moyenne des précipitations annuelles. Par contre pour les températures, il est important en écologie de tenir compte du fait que la vie végétale se déroule entre deux extrêmes thermiques, que l'on peut à une première approximation assimiler à la moyenne des minimums du mois le plus froid m et la moyenne des maximums du mois le plus chaud M. Ces deux valeurs permettent alors d'introduire dans la formule climatique d'une part une température moyenne sous la forme (M + m)/2, mais d'autre part l'amplitude thermique extrême moyenne M — m. Cette amplitude exprime la continentalité, mais elle varie aussi le plus souvent comme l'évaporation, élément climatique qui n'est mesuré que dans quelques rares stations malgré son importance écologique de tout premier ordre » (SAUVAGE 1953).

Le climagramme pluviothermique dans lequel on porte m en abscisse et Q en ordonnée (fig. 3), a permis à EMBERGER de séparer, à l'aide de stations dont le climat et la végétation sont bien connus, plusieurs zones

correspondant aux différents types de climats méditerranéens : saharien, aride, semi aride, sub-humide, humide et de haute montagne. Pour chacun de ces climats, il propose de distinguer des variantes en fonction des valeurs de m. Les différentes valeurs de m ont en effet une importance biologique certaine car elles se réfèrent au repos hivernal de la végétation (pour m inférieur à 3°) et à la fréquence des gelées pendant la saison froide (Ionesco et Mathez 1967) :

— climat froid pour m inférieur à 0°C (gelées durant de longues périodes),
— climat frais pour m compris entre 0° et 3°C (gelées fréquentes),
— climat tempéré pour m compris entre 3° et 7°C (gelées rares),
— climat chaud pour m supérieur à 7°C (gelées nulles).

II.1.2. *Les bioclimats de la région*

Le climat semi-aride à hiver tempéré couvre l'essentiel de la Meseta et du palier intermédiaire, en particulier le massif du Khatouate. Il pénètre sans doute profondément le Haut Pays à la faveur des vallées encaissées des grands oueds.

Le climat sub-humide, probablement dans sa variante à hiver frais, règne sur la plus grande partie du Haut Pays. Dès le sommet de la corniche du Moyen Atlas, on passe dans le climat sub-humide (El Hajeb) à humide (Ifrane) à hiver froid. Il n'est pas exclu que l'humide soit atteint localement dans certains points du Haut Pays du Plateau Central, comme le suggère la présence du Chêne zène ; mais aucune mesure climatique ne permet de l'affirmer.

II.2. Les étages climatiques de végétation

II.2.1. *Définitions*

A chacun de ces climats correspond, d'après Emberger, « un ensemble de groupements végétaux ayant tous les mêmes aptitudes écologiques, c'est l'étage climatique de végétation. L'étage de végétation méditerranéen aride par exemple, réunit tous les groupements végétaux quelle que soit leur composition floristique qui vivent sous le climat méditerranéen aride et qui en sont la réplique biologique ».

L'étage climatique de végétation a donc une définition uniquement climatique mais son expression est dans la végétation, d'où le nom d'étage bioclimatique qu'on lui donne le plus souvent.

Il est important de noter que cette notion d'étage bioclimatique est complètement dégagée du facteur altitudinal : « L'expérience montre en effet qu'à l'échelle d'un pays comme le Maroc s'étendant sur plusieurs degrés de latitude, l'étage au sens courant du mot n'a qu'une valeur régionale et que son utilisation ne permet pas de dresser des synthèses phytogéographiques. En effet plusieurs passages à altitude égale d'un étage de végétation à l'autre s'observent lorsqu'on parcourt le pays du N au S ou même de la côte vers l'intérieur » (Sauvage 1963). Emberger précise d'ailleurs en 1936 : « l'étage est un principe de classification rationnelle, dans ce cas il doit avoir un sens général et ne peut réunir ou mettre sur le même plan que des groupements vivant dans des conditions de milieux sensiblement identiques. Il doit avoir ses caractères propres et être entièrement

dégagé, indépendant de l'altitude Compris ainsi, l'étage de végétation est l'expression d'un climat, la zonation de la végétation étant avant tout la manifestation de la succession des climats dans l'espace, succession que la présence de reliefs rend particulièrement saisissante ».

II 2 2. *Les étages climatiques de végétation de la région étudiée*

II.2.2.1. L'étage de végétation méditerranéen semi-aride

Il est caractérisé dans la région par la Subéraie, la Callitriaie et l'Iliçaie qui se répartissent en fonction du froid hivernal et des facteurs édaphiques ou mésoclimatiques.

La Callitriaie semi-aride.

Le Thuya de Barbarie, espèce endémique d'Afrique du Nord, mis à part de petits peuplements en Espagne et à Malte, est strictement lié au climat méditerranéen semi-aride à hiver tempéré ou frais. Il est indifférent à la nature chimique du substratum édaphique.

Dans la Meseta, il est en concurrence avec le Chêne-liège qui ne lui abandonne que les terrains calcaires et les zones les plus arides : pentes des vallées encaissées et, en terrain accidenté, les versants chauds et arides exposés au S et à l'W. Dans le Haut Pays, l'étage sub-humide règne et la Chênaie constitue l'essentiel du couvert végétal, le Thuya ne peuple que les versants raides des hautes vallées où il subit sans doute un mésoclimat bien plus aride que sur les sommets voisins

Les peuplements de Thuyas couvrent au Maroc 665 000 hectares dont 185 000 dans la région étudiée. La forêt de Thuyas est, à l'état climacique, une petite futaie plus ou moins claire qui comprend toujours du Lentisque, de l'Oléastre, du Tizra, du Filaria, *Lavandula stoechas, Cistus monspeliensis, C. albidus*.

La Subéraie semi-aride.

Le Chêne-liège est une essence nettement calcifuge qui se rencontre au Maroc dans les étages semi aride, sub-humide et humide Dans la région étudiée, la Subéraie humide n'existe pas puisque le Causse calcaire est la seule zone où cet étage existe. La Subéraie couvre au Maroc 400 000 ha, dont 85 000 de Subéraies semi arides dans la Meseta et le massif du Khatouate.

Dans la Meseta, nous venons de voir que le Chêne-liège occupe les plateaux (Sidi Bettache) et les versants N et E plus frais ; sa position montre qu'il est ici proche de sa limite inférieure en ce qui concerne l'aridité. Dans le semi-aride, le Chêne-liège ne s'élève guère au-delà de 800 m ; au-dessus de cette altitude, il est rapidement éliminé par le froid au profit du Chêne vert. Dans le massif du Khatouate, qui culmine à 860 m, l'altitude et l'éloignement de la mer donnent un climat plus continental : le Chêne vert apparaît et entre en concurrence avec le Chêne-liège sur les versants N et NW où les deux espèces forment des peuplements mixtes. Le Chêne vert élimine même le Chêne-liège en bas et en haut de ce massif, lui cédant la place au milieu, sur les versants les plus humides et à sols profonds (SAUVAGE 1961).

La forêt de Chênes-lièges de l'étage méditerranéen semi-aride, qui n'existe qu'au Maroc, est une forêt claire d'arbres de taille moyenne Les

Subéraies semi-arides étudiées (Subéraies sur roches dures) sont caractérisées par un sous-bois d'Arbousier, de Cytise arborescent, de Ciste à feuille de sauge... La strate herbacée variée comporte *Origanum compactum*, *Astragalus lusitanicus*. Il est rare que le couvert du Chêne-liège soit complet et le Tizra *Rhus pentaphyllum*, essence de lumière, est d'autant plus abondant dans le sous-bois que le couvert du peuplement est plus ouvert.

L'Iliçaie semi-aride.

Le Chêne vert couvre au Maroc une superficie de 700 000 ha, de l'étage semi-aride à l'étage humide. Sa plasticité écologique est remarquable puisqu'on le rencontre de 300 à 2 900 m dans le Haut Atlas. Dans la région, son amplitude écologique est plus limitée, comparable à celle du Chêne-liège. Mais d'une façon générale, son aire de répartition est décalée vers des valeurs de m plus froides (cf. l'aire des deux espèces sur le climagramme de la figure 3). Contrairement à la Subéraie, il n'existe pas d'Iliçaie semi-aride de type chaud. Quand on s'approche de l'océan, c'est-à-dire dès que m a une valeur assez grande (au-delà de 6°), le Chêne vert disparaît complètement, remplacé par le Chêne-liège ou le Thuya si le substrat est squelettique ou calcaire.

Les Iliçaies semi-arides échantillonnées sont situées dans le massif du Khatouate et au pied du Haut Pays (Jbel Lahdid, région de Moulay-Bou Azza), là où le froid ne permet pas au Chêne-liège de prospérer, au niveau de cet étage du moins.

L'Iliçaie semi-aride est une forêt basse, peu dense, formée d'arbres de petite taille, très noueux, à tronc tordu, floristiquement très comparable à la Subéraie du même étage.

II.2.2.2. L'étage de végétation méditerranéen sub-humide

L'étage de végétation méditerranéen sub-humide est avant tout l'étage du Chêne-liège et du Chêne vert. On y voit aussi apparaître le Pin maritime, le Chêne zène et même le Cèdre, mais ces trois dernières essences n'atteignent leur plein développement que dans l'étage humide.

La répartition du Chêne vert et du Chêne-liège dans l'étage sub-humide du Haut Pays du Plateau Central est assez complexe. Pour tenter de l'interpréter, SAUVAGE (1961) puis MATHEZ (1964) ont précisé un point important de l'autoécologie de ces deux espèces : le Chêne-liège supporte des coefficients pluviothermiques d'autant plus faibles que les minima hivernaux sont élevés, proches d'une valeur optimale de 4° à 5° ; le Chêne vert, au contraire, supporte des coefficients pluviothermiques d'autant plus faibles que les minima hivernaux sont plus bas (fig. 3).

Le jeu relatif de Q et de m explique ainsi la répartition des deux essences dans le semi-aride, étage limite pour les deux espèces quant à l'aridité : le Chêne-liège occupe les zones de basses altitudes proches de l'océan (températures hivernales élevées), le Chêne vert les zones plus hautes et éloignées de la mer (températures hivernales basses) ; entre les deux secteurs, ils entrent en concurrence et se mélangent ou se répartissent en fonction de l'édaphisme et des conditions d'exposition.

Une coupe du Haut Pays au niveau d'El-Harcha Oulmès va nous permettre d'esquisser la répartition des deux essences dans l'étage sub-humide du Plateau Central. De 700 à 800 m, juste avant d'accéder à l'étage humide, le Chêne vert se rencontre sur tous les versants, cette partie supérieure du semi-aride étant trop froide pour le Chêne-liège. Celui-ci apparaît vers

800 m et occupe toutes les expositions à partir de 900 m. Il est toutefois remplacé par le Chêne vert lorsque le sol est squelettique, ce qui arrive surtout sur les versants S ; il est également éliminé au profit de son rival sur sol calcaire et sur les coulées volcaniques. Plus haut en altitude, sur les rebords du plateau (1 100 m) et au-delà, on passe à une Chênaie mixte où les deux essences coexistent et se distribuent par rapport aux diverses conditions mésoclimatiques qu'entraîne la complexité du relief. Le Chêne-liège recherche les expositions les moins froides (versant S) ou les plus humides (versants W), le Chêne vert peuple les versants N plus froids et les versants plus arides exposés à l'E. Enfin, au-delà d'une certaine altitude ou d'un certain éloignement de la mer, le Chêne-liège cède définitivement la place au Chêne vert pour des raisons essentiellement climatiques : le coefficient pluviothermique n'augmente pas assez alors que la température baisse. Cette Iliçaie sub-humide se poursuit jusque dans la zone la plus basse du secteur septentrional du Causse (El-Hajeb), de 1 100 à 1 500 m d'altitude

Signalons que dans les Chênaies des rebords des plateaux du Haut Pays, en particulier en bas des versants N, se rencontrent de petites taches de Chênes zènes qui indiquent la proximité de l'humide.

La Subéraie sub-humide.

Elle constitue un dôme de verdure presque continu, mais les arbres ne forment pas encore une forêt fermée Un riche sous-bois la peuple. On y note le Chêne vert, *Cytisus triflorus*, *Genista quadriflora*, l'Arbousier et de nombreux Cistes : *Cistus ladaniferus*, *C. salviifolius*, *C. villosus*.

Dans le Plateau Central, la Subéraie sub-humide couvre environ 60 000 ha

L'Iliçaie sub-humide.

La Chênaie de Chênes verts sub-humide est une futaie basse, très dense, presque fermée quand elle est intacte. Le sous-bois est peu abondant. Mais de telles Chênaies sont très rares, presque toutes sont plus ou moins clairiérées et dégradées ; le taillis d'âge varié domine largement.

II.2.2.3. L'étage de végétation méditerranéen humide

« Le climat méditerranéen humide est le moins sec des climats méditerranéens. Il se distingue de tous les autres climats méditerranéens par une pluviosité élevée. L'été y est toujours sec, comme il convient à tous les climats méditerranéens, mais la saison sèche est moins longue » (EMBERGER 1939). Ce climat règne sur le Moyen Atlas occidental tabulaire dans sa variante à hiver froid ; c'est le domaine des Chênaies humides, en particulier de la Chênaie à feuilles caduques, puis, au-dessus en altitude, de la Cédraie. On y trouve aussi quelques boisements de Pins maritimes dont la localisation répond à des critères édaphiques.

L'Iliçaie humide.

Au-delà des Iliçaies sub-humides du Plateau Central et du Causse inférieur, la deuxième marche du Causse moyen atlasique est occupée par l'Iliçaie humide La forêt de Chênes verts humide diffère beaucoup de celles que nous avons rencontrées dans les étages précédents ; c'est une futaie élevée, fermée, où les arbres peuvent atteindre 20 m de haut. Le sous-bois est dense et varié ; Arbousier, Laurier tin, Ronce, Houx, *Ruscus*

aculeatus, Daphne laureola et *Cistus laurifolius* constituent un cortège souvent serré.

La Zénaie humide.

Le Chêne zène individualise des peuplements purs sur basalte dans les secteurs de pluviosité maximale (Ifrane, Tioumliline) mais descend jusqu'à 1 400 m à la faveur d'épanchements basaltiques (forêt de Jaaba).

Grand arbre à feuillage caduc qui peut atteindre 30 m de haut, le Chêne zène couvre au Maroc 24 000 ha, essentiellement dans le Rif et le Moyen Atlas. Il forme des futaies élancées à couvert dense. Aux altitudes les plus basses, en forêt de Jaaba, le sous-bois est clair avec quelques Chênes verts, des Aubepines, des Ronces... Au dessus d'Azrou, dans les stations les plus humides, le sous-bois est au contraire abondant, avec du Houx, *Cistus laurifolius, Viburnum tinus, Cytisus battandieri...*

La Cédraie.

La Cédraie basse vient immédiatement au-dessus de l'étage des Chênes. Le Chêne vert est encore abondant dans les peuplements, le Cèdre formant avec lui des futaies mixtes ou, le plus souvent, des futaies pures ou le Chêne vert est présent mais dominé en sous-bois. Cette Cédraie est dite basse par opposition aux Cédraies continentales d'altitude à Genévrier thurifère, qui se rencontrent au-delà de 2 000 m d'altitude en dehors de la région étudiée.

Les Cédraies basses sont représentées par trois séries édapho-climatiques (PUJOS 1966) :

- la Cédraie dense sur dolomies, type prédominant dans le secteur considéré ; le Chêne vert est abondant en sous-bois ;
- la Cédraie très dense sur basalte, qui présente un couvert continu avec élimination du sous-bois et, en particulier, du Chêne vert ;
- la Cédraie claire sur calcaire, mal régénerée et largement pénétrée par le Chêne vert.

Le Cèdre, qui peut atteindre 30 à 40 m dans la moyenne des peuplements adultes, s'étend au Maroc sur 115 000 ha dont 74 000 dans le Moyen Atlas occidental.

La Pinède de Pins maritimes humide.

Proche parent du Pin mésogéen de Provence, le Pin maritime du Maroc forme des peuplements purs ou mélangés au Chêne vert ou au Cèdre, de 1 700 à 1 850 m d'altitude. Les grands boisements purs sont fidèlement localisés sur dolomies à décomposition sableuse qui favorisent cette essence au détriment du Chêne zène ou du Cèdre. Ce sont des futaies vigoureuses, bien régénérées, dont le sous-bois de Chêne vert, d'Aubépine, de Laurier tin... est comparable à celui des Chênaies humides quoique beaucoup moins serré.

Par rapport à l'ensemble du Moyen Atlas occidental où se rencontre la succession altitudinale décrite ci-dessus, la région prospectée (revers occidental du Causse aux bords des grands escarpements frontaux) se situe au niveau de la bande de transition altitudinale de contact entre Chênaies et Cédraie, voire Pinède. Aussi les différentes essences se mélangent souvent en peuplements mixtes ou s'individualisent selon leurs préférences écologiques, en une juxtaposition de peuplements purs, lorsque la topographie et la succession des affleurements sont suffisamment contrastées.

II.2.3 *Succession altitudinale des étages climatiques de végétation*

Nous venons d'esquisser les principaux traits de la répartition écologique et de la succession géographique des essences contribuant à la constitution de climax forestiers ; d'autres « espèces climax » jouent un rôle important dans la région tels le Lentisque, le *Phillyrea* et le Tizra, mais nous n'en avons pas tenu compte car ces essences ne forment pas de véritables forêts En simplifiant à l'extrême la succession géographique telle qu'elle se présente, quand, en partant de la mer on pénètre à l'intérieur du pays tout en s'élevant dans les montagnes, on obtient le schéma suivant :

Thuya ⟶ Chêne-liège ⟶ Chêne vert ⟶ Chêne zène ⟶ Cèdre

Mais nous avons vu que, dans le détail, ces successions sont differentes suivant l'étage dans lequel on se trouve et que, dans la majeure partie de la région étudiée, la zonation altitudinale n'est pas nette, laissant de larges secteurs où la répartition des essences se fait selon une succession spatiale, une juxtaposition en mosaïque, déterminée par la multitude et l'intrication des mésoclimats étroitement dépendant de situations topographiques complexes ; c'est tout particulièrement le cas du Chêne-Liège et du Chêne vert dans le Plateau Central

TABLEAU A

Essence	m		P		altitude		étage	sous-etage
Thuya	1,2	6,3	420	600	200	700	SA	c t f
Chêne-liège	3	8	440	900	50	1400	SA - SH	c t f
Chêne vert	-4,2	6	535	1200	600	1800	SA-SH-H	t f F
Chêne zène	-3	1	900	1200	1500	1800	SH-H	f F
Cèdre	-6	-3	850	1200	1650	2000	H	F

c = chaud t = tempéré f = frais F = froid
SA = semi-aride SH = sub-humide " -ide

Le tableau A résume la répartition climatique et altitudinale des principales espèces climax de la région.

TABLEAU B

étage climatique	limites altitudinales	formation correspondante	étage de végétation (Ozenda, 1976)
semi-aride	0 à 900 m	Callitriaie, Subéraie et Iliçaie	Thermoméditerranéen
sub-humide	900 à 1500 m	Subéraie et Iliçaie	Mésoméditerranéen
humide	1500 à 2000 m	Iliçaie - Zénaie Cédraie	Supraméditerranéen Oromediterranéen (au-dessus de 1800 m)

A la latitude de la région, il est possible de définir grossièrement (1) les limites altitudinales locales des étages climatiques Nous donnons dans le tableau B ces limites les formations végétales correspondantes et l'équivalence avec les étages de végétation selon OZENDA (1975).

(1) Là aussi, les limites ne sont pas tranchées et peuvent varier de 100 m ou plus suivant la topographie locale.

III. Les types de végétation ligneuse au Maroc et la répartition des formations végétales dans la région étudiée

III.1. Les types de végétation ligneuse

A la suite de Ionesco et Sauvage (1962), les botanistes marocains utilisent, pour dénommer les types de végétation, une nomenclature tenant compte à la fois de la physionomie du peuplement et de sa dynamique.

III.1.1. *La forêt*

C'est une formation dans laquelle dominent les arbres, végétaux ligneux de hauteur supérieure à 7 m, qui se font concurrence soit par leurs parties aériennes, soit par leurs appareils souterrains. La forêt n'existe au Maroc que dans les étages semi-aride, sub-humide et humide. Dans la région étudiée, se rencontrent des forêts de Cèdres, de Chênes-lièges, de Chênes verts, de Chênes zènes et de Pins maritimes.

III.1.2. *Le matorral*

C'est une formation de végétaux ligneux n'excédant pas 7 m de hauteur et dérivant directement de la forêt par dégradation. Le matorral existe donc dans les mêmes étages bioclimatiques que la forêt. La plupart des essences forestières sont susceptibles de caractériser des matorrals. Dans un stade de dégradation ultérieur, les matorrals peuvent être formés d'espèces buissonnantes beaucoup plus basses comme le Doum, les Cistes, les Genêts et les Lavandes. Le mot matorral recouvre donc des formations d'aspect très varié, tant par la taille que par la densité, et même par la structure. On peut ainsi distinguer des matorrals élevés, moyens et bas, des matorrals denses, troués ou clairs, des matorrals arborés. Nous n'avons considéré ici que les tout premiers stades de dégradation de la forêt ; les matorrals étudiés sont tous des matorrals élevés, denses ou troués, formés d'espèces arborescentes : matorral de Thuya et matorral de Chênes verts. En effet, dans la région, les Callitriaies sont pratiquement toutes réduites à l'état de matorrals, à l'exception peut-être de celles de certains versants particulièrement raides et peu accessibles de la vallée du haut Beht. Les Iliçaies ne constituent de véritables forêts que dans l'étage humide du Moyen Atlas ; dans le semi-aride de la Meseta et le sub-humide du Plateau Central, elles se présentent le plus souvent sous la forme de matorrals.

III.1.3. *La steppe ligneuse*

C'est une formation ligneuse naturelle qui ne dérive pas de la forêt et se rencontre d'une part sous climat aride et désertique et d'autre part sous climat de haute montagne. C'est donc un type de végétation non sylvatique dont la physionomie est souvent très proche de celle de certains matorrals. Parmi les steppes ligneuses les plus caractéristiques du Maroc, on peut citer la xérophytaie de haute montagne à *Alyssum spinosum* ou *Erinacea anthyllis*, la steppe aride à jujubier, la steppe saharienne à

Acacia raddiana. Ce type de végétation ne se rencontre pas dans la région étudiée dont le climax est partout forestier puisqu'entièrement située dans la limite des étages semi aride, sub-humide et humide

III.2. La répartition des formations végétales

La répartition géographique des formations végétales de la Meseta, du Plateau Central et du Moyen Atlas occidental est représentée sur la figure 4, en fonction des divers types de végétation définis ci-dessus. Nous avons pu réaliser cette carte à partir des documents suivants :

a) pour la Meseta :

— la « carte de la végétation du Maroc, feuille Rabat-Casablanca » au 1/500 000e de Théron et Vindt (1955) ;

b) pour le Plateau Central :

— la carte de « répartition de quelques espèces climax dans la région de Tiddass » au 1/100 000e de Mathez (1964) ;

— l' « esquisse des formations végétales du Plateau Central et de ses bordures » au 1/500 000e qui figure dans la thèse de Beaudet (1969) ;

c) pour le Moyen Atlas :

— la « carte du peuplement forestier, feuille 1 c Azrou SW » au 1/50 000e de Pujos (1966) ;

— la « carte phytoécologique du Moyen Atlas central » au 1/200 000e de Lecompte (1969).

En outre, nous avons utilisé la carte des forêts au 1/1 000 000e de l'Atlas du Maroc due à Metro (1958). Nous n'aurions pu réaliser cette esquisse des formations végétales, en particulier au niveau du Plateau Central, sans les conseils et l'aide de notre collègue J. Mathez qui, tout au long de son séjour au Maroc consacré à l'étude géobotanique du Plateau Central, nous a fait bénéficier de sa profonde connaissance de la végétation et de la nature marocaine en général ; nous lui en sommes très reconnaissant.

LES RELEVES D'AVIFAUNES, METHODES, TRAITEMENT ET DISCUSSION GENERALE

I. Choix et description des stations, méthodologie d'échantillonnage

I.1. Choix des stations a échantillonner

Notre objectif était d'établir un inventaire écologique des avifaunes forestières nicheuses et d'étudier leur structure et leur composition en fonction des principales variables de la végétation et du milieu. Etant donné la grande superficie de la région choisie, le morcellement et l'inégale répartition des formations forestières, il ne nous a pas été possible de prévoir un échantillonnage aleatoire. De toute façon, ce procédé n'était pas réalisable dans notre zone d'étude à cause du manque de voies de communication : une seule route goudronnée et seulement quelques pistes irrégulièrement entretenues pour le Plateau Central, principale région prospec-

tée, qui s'étend sur environ 150 km d'E en W et 100 km du N au S. Nous avons donc réalisé un échantillonnage stratifié en fonction du type de végétation, de l'essence végétale dominante et des étages bioclimatiques. Une première série de missions exploratoires nous a permis de délimiter des massifs forestiers représentatifs des diverses modalités combinatoires de ces trois paramètres.

Les stations étudiées, prises au hasard, dans des zones homogènes des massifs ligneux choisis, se répartissent comme figuré sur le tableau IV.

Il ressort de ce tableau que 17 relevés ont été effectués dans des matorrals et 21 dans des forêts. Notre effort principal a porté sur la Meseta et le Plateau Central et les essences forestières qui caractérisent ces deux régions : Chêne vert, Chêne liège et Thuya. Les quelques relevés du Moyen Atlas ont essentiellement pour but d'élargir notre transect biogéographique à l'étage humide. Plus de 200 stations de la même zone ont été échantillonnées par la technique des EFP ; elles seront traitées ultérieurement.

Le tableau I donne les principaux paramètres climatiques disponibles au niveau des stations étudiées ; nous avons fait figurer celles dont le coefficient bioclimatique d'EMBERGER est connu, sur le diagramme bioclimatique de la figure 3. Les stations ont également été reportées sur la carte de répartition de la végétation (fig. 4). Nous donnons en annexe la liste des 38 stations, en précisant sommairement la composition floristique et la physionomie de la végétation ainsi que la localisation, l'altitude et l'appartenance bioclimatique de chacune d'entre elles.

I.2. TECHNIQUE D'ÉTUDE DES AVIFAUNES

La principale technique de dénombrement utilisée dans ce travail est celle dite des Indices Ponctuels d'Abondance ou IPA, décrite par BLONDEL, FERRY et FROCHOT (1970). Cette méthode, choisie pour sa souplesse d'utilisation, ne nécessite aucune préparation du terrain. Elle est ponctuelle, donc utilisable dans des milieux morcelés, ce qui la rend particulièrement adaptée aux formations ligneuses que nous avons échantillonnées.

Chaque IPA unité se compose de deux IPA partiels de 20 minutes chacun, réalisés à l'aube lors du maximum d'activité vocale de la majorité des espèces. Les deux IPA partiels sont effectués dans la même station mais à des dates différentes de la même saison de reproduction, de façon à recenser avec une égale efficacité les nicheurs précoces et les nicheurs tardifs. Pour l'IPA unité est retenue la plus forte des deux valeurs obtenues pour chaque espèce, sachant que les contacts au chant sont notés 1 et les contacts d'une autre nature 1/2.

Nous avons effectué, au cours des printemps 1971 et 1972, 76 dénombrements unités dans les 38 stations choisies. Les stations échantillonnées s'étagent de 300 à 1 700 m d'altitude ; aussi la date « charnière » séparant les deux comptes élémentaires n'est pas identique partout, mais a été déterminée en fonction de l'altitude (tableau C). Au cours des deux saisons de

TABLEAU C

stations d'altitude	période du 1er compte	période du 2ème compte
au-dessus de 1000m	du 1er au 25.5	du 1er au 15.6
entre 500 et 1000m	du 20.4 au 15.5	du 25.5 au 15.6
au-dessous de 500m	du 10.4 au 25.4	du 1er au 30.5

reproduction concernées, la date charnière fixée s'est située entre le 1er et le 30 mai, suivant l'altitude de la station.

Les résultats des 38 IPA unités sont transcrits sur le tableau V.

La méthode des IPA est relative en ce sens qu'elle ne permet pas d'obtenir des densités absolues mais fournit pour chaque espèce un indice d'abondance proportionnel à sa densité. Ces indices sont fonction d'un coefficient de détectabilité particulier à chaque espèce et qui dépend de son comportement, de la portée de son chant... Ils ne sont donc pas comparables entre espèces différentes. Il est possible de pallier cet inconvénient en convertissant les IPA en densités absolues grâce à des coefficients de conversion. Ces coefficients s'obtiennent en dénombrant simultanément l'avifaune d'une station par IPA et par une méthode absolue. C'est dans ce but que nous avons effectué au printemps 1972 un dénombrement par plans quadrillés dans une de nos stations de Subéraie. Quinze plans furent remplis du 22 mars au 27 juin. La méthode du quadrat a été décrite par de nombreux auteurs ; nous nous sommes inspiré plus particu-

TABLEAU VI. — Oiseaux nicheurs de la Subéraie de Sidi-Bettache.

Espèces présentes sur le quadrat					Espèces absentes du quadrat	
Densité établie	N	D	Densité non établie	N	À grands cantons	À cantons disséminés
Parus caeruleus	16	8,9	*Pycnonotus barbatus*	2	*Milvus migrans*	*Carduelis chloris*
Fringilla coelebs	13,5	7,5	*Sylvia hortensis*	1	*Asio otus*	*Upupa epops*
Parus major	12,5	6,9	*Muscicapa striata*	1	*Otus scops*	*Coracias garrulus*
Sylvia melanocephala	10,5	5,8	*Lanius senator*	1	*Caprimulgus ruficollis*	*Emberiza calandra*
Streptopelia turtur	6	3,3	*Cuculus canorus*	1		*Cercotrichas galactotes*
Serinus serinus	5	2,8	*Accipiter nisus*	1		
Turdus merula	3,5	1,9	*Elanus caeruleus*	1		
Columba palumbus	3	1,7	*Buteo rufinus*	1		
Carduelis carduelis	3	1,7	*Corvus corax*	1	Lisière, clairière	Bords d'oued
Oriolus oriolus	2	1,1	*Anas platyrhynchos*	1		
Tchagra senegala	1,5	0,8	*Falco subbuteo*	+		
Phylloscopus bonelli	1,5	0,8	*Falco tinnunculus*	+	*Pica pica*	*Hippolais pallida*
Luscinia megarhynchos	1,5	0,8	*Circaetus gallicus*	+	*Oenanthe hispanica*	*Merops apiaster*
Dendrocopos major	1,5	0,8			*Athene noctua*	
Garrulus glandarius	1	0,6			*Lanius excubitor*	
Francolinus bicalcaratus	1	0,6			*Saxicola torquata*	
Cettia cetti	0,5	0,3				
Alectoris barbara	0,5	0,3				
Troglodytes troglodytes	0,5	0,3				
Lullula arborea	0,5	0,3				
TOTAL	85	47,2				

N : nombre de couples sur les 18 ha du quadrat

D : densité en nombre de couples aux 10 ha

lièrement des travaux de BLONDEL (1965 et 1969), BOURNAUD et ARIAGNO (1969) et FERRY et FROCHOT (1968 et 1970) pour les critères de détermination des cantons et les tests de rendement et de validité. Les résultats obtenus sur ce quadrat sont résumés dans le tableau VI.

I.3. MÉTHODE DE RELEVÉ DE LA VÉGÉTATION ET DU MILIEU

La description de l'habitat de l'oiseau, notamment la structure de la végétation, est essentielle dans l'interprétation des résultats. Au niveau de chaque station où a été réalisé un IPA, nous avons procédé à un relevé de la végétation consigné dans un formulaire ronéoté où étaient également notés quelques autres variables du milieu (altitude, exposition, pente, étage...) ainsi que l'emplacement exact de la station repérée par les coordonnées Lambert de la carte d'état major au 1/50 000e ou au 1/100 000e.

La méthode d'analyse de la structure de la végétation que nous avons utilisée est proche de celle proposée par BLONDEL, FERRY et FROCHOT (1973). Nous avons tout d'abord noté la hauteur totale moyenne de la formation (toit de la formation) et décrit rapidement la forme et la physionomie de la végétation en fonction du code suivant :

Forme :

1 Futaie régulière
2 Futaie d'âges divers
3 Futaie sur souches
4 Taillis sous futaie
5 Taillis

Formation forêt ou matorral, différents types suivant le toit et le degré d'ouverture des ligneux hauts.

A — formation ligneuse haute : forêt

1 forêt basse : de 7 à 12 m
2 forêt moyenne : de 12 à 16 m
3 forêt haute : plus de 16 m

B — formation ligneuse basse : matorral

1 matorral bas : de 2 à 4 m
2 matorral moyen : de 4 à 5 m
3 matorral élevé : de 5 à 7 m

C — taux de recouvrement global des ligneux hauts :

1 dense, recouvrement supérieur à 75 %
2 moyen, recouvrement compris entre 50 et 75 %
3 clair, recouvrement inférieur à 50 %

Nous avons ensuite noté le taux de recouvrement et les essences végétales dominantes au niveau de 9 strates. Nous ne disposions pas du stratiscope decrit par BLONDEL et coll. (1973) ; aussi ces taux ont été estimés après avoir découpé « mentalement » la végétation par des plans horizontaux. Nous donnons ci-dessous les 9 niveaux retenus et, en exemple, le relevé correspondant à la station 12 (Subéraie d'El-Harcha) .

Forêt haute, claire de Chênes-lièges, sous bois ouvert.
Futaie d'âges divers — toit : 17 mètres.

Strates	% recouvrement	Espèces dominantes
plus de 32 m	0	
de 16 à 32 m	15	*Quercus suber*
de 8 à 16 m	40	»
de 4 à 8 m	35	»
de 2 à 4 m	30	»
de 1 à 2 m	20	» , *Quercus ilex*
de 0,50 à 1 m	15	*Daphne gnidium, Cytisus triflorus*
de 0,25 à 0,50 m	50	idem + *Genista quadriflora*
de 0 à 0,25 m	50	*Cistus salvifolius, C. villosus, Lavandula stoechas*

Il ne nous est pas possible de faire figurer ici les relevés de végétation correspondant aux 38 stations, mais nous donnons dans le tableau XIV la valeur moyenne des paramètres estimés sur le terrain pour chacune des huit formations végétales definies dans la suite de ce travail par regroupement de stations après leur traitement par deux méthodes d'analyse multivariée.

II. Tableau des données, traitement préliminaire

Le tableau V donne les IPA des 55 espèces recensées dans les 38 stations. Avant de procéder au traitement de ces données par deux méthodes d'analyse multivariée, nous avons été amené à éliminer certaines espèces ; il s'agit du Francolin à double éperon, du Pigeon colombin, du Guêpier d'Europe, de la Fauvette orphée, de la Fauvette passerinette, de la Bouscarle de Cetti et du Moineau espagnol

Mis à part le Guêpier, toutes ces espèces sont peu abondantes, voire même rares dans les milieux étudiés, le nombre des relevés effectués était insuffisant pour échantillonner valablement ces espèces, si bien qu'elles ne figuraient que dans un seul IPA, ce qui leur donnait un « poids » beaucoup trop important dans l'analyse. Ces espèces, que nous appellerons accidentelles par rapport à notre échantillonnage, ont donc été supprimées avant traitement. Ces éliminations, comme nous le verrons par la suite à propos de la station 23 et de la Fauvette passerinette, ne nuisent pas à la qualité de l'analyse biologique tout en améliorant la qualité de l'analyse mathématique. D'ailleurs, en fin de traitement, nous avons réintroduit ces espèces dans notre tableau de données réorganisées et nous en avons tenu compte lors de la discussion finale des résultats.

Nous avons également exclu de l'analyse le Guêpier d'Europe présent dans certains de nos relevés, car il n'est pas inféodé aux milieux boisés et sa présence ne reflète qu'un effet de lisière (présence de talus ou de berges), cet oiseau venant chasser les insectes aériens au-dessus de la strate arborescente mais nichant ailleurs.

III. Analyse factorielle des correspondances

III.1. Généralités

Nous avons d'abord soumis nos données à l'analyse factorielle des correspondances.

Cette méthode d'analyse multivariée permet d'extraire objectivement à partir de la matrice de données (ici 38 stations et 48 espèces), des facteurs numériques successifs, non corrélés, d'importance décroissante qui traduisent la liaison statistique existant, dans un espace à un grand nombre de dimensions, entre les ensembles finis étudiés, c'est-à-dire, dans notre cas, entre les stations et leurs avifaunes. Nos stations (et nos espèces) sont donc représentées par n coordonnées qui les répartissent les unes par rapport aux autres dans un espace à n dimensions sous la forme d'un nuage de points.

Cette technique consiste à rechercher, dans ce nuage de points, les axes principaux d'allongement (ou axes factoriels F1, F2, F3...). Le premier axe F1 correspond à l'allongement maximal du nuage. Il est donc la meilleure représentation à une dimension des données. Le deuxième vecteur sera placé dans le second axe de plus grand allongement ; il détermine avec le premier un plan de projection qui est la meilleure représentation à deux dimensions du nuage.

Le processus continue de la même façon pour les 3e, 4e et ne axes. Pratiquement, des coordonnees caractérisent chaque espèce et chaque station sur les axes F1, F2, F3... la proximité des points traduisant les

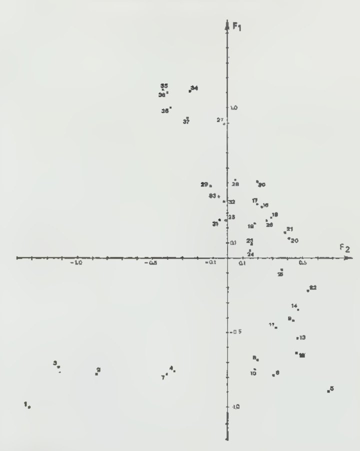


Fig. 5. — Représentation des 38 stations dans le plan F1-F2 de l'analyse des correspondances.

affinités et les corrélations entre milieux et avifaunes. L'interprétation se fait en tenant compte des distances entre ces points dans les divers plans F1-F2, F1-F3... ou d'espace F1-F2-F3, la représentation n'étant plus possible au-delà de 3 dimensions.

Il reste ensuite à trouver, quand c'est possible, une signification biologique ou écologique à la disposition des points par rapport à chaque axe ou vecteur.

En outre, si le coefficient de corrélation attaché au nuage est élevé, il est licite de placer sur un même graphique les points représentant les espèces et les points représentant les stations.

Nous donnons en annexe les coordonnées sur les axes 1 à 4 des 38 stations et des 48 espèces.

Les figures 5, 6 et 7 donnent la représentation graphique sur les axes F1-F2, F1-F3 et F1 F4 des points correspondant aux 38 stations, et les figures 8 et 9 la situation des 48 espèces sur les plans F1-F2 et F1-F3. Les trois premiers facteurs emportent au total 49,8 % de l'information, les

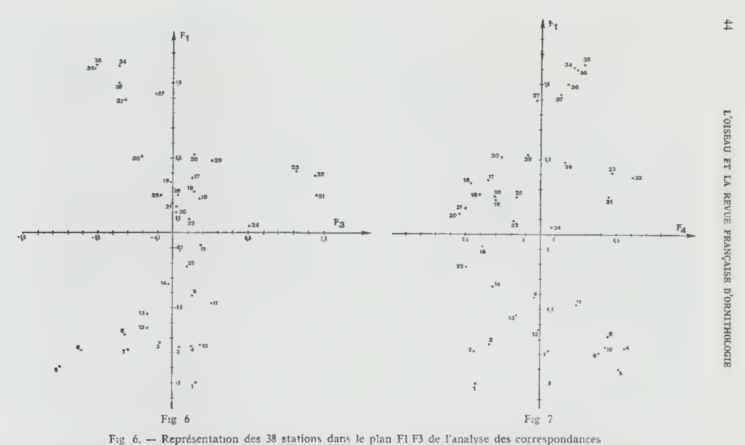


Fig 6. — Représentation des 38 stations dans le plan F1 F3 de l'analyse des correspondances
Fig. 7. — Représentation des 38 stations dans le plan F1 F4 de l'analyse des correspondances

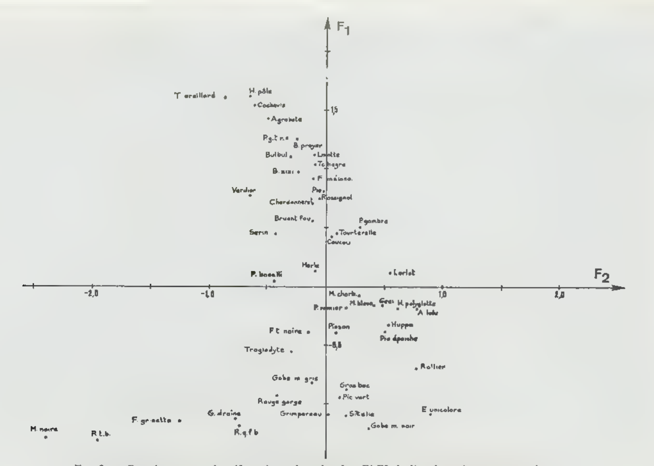


Fig. 8 Représentation des 48 espèces dans le plan F1-F2 de l'analyse des correspondances.

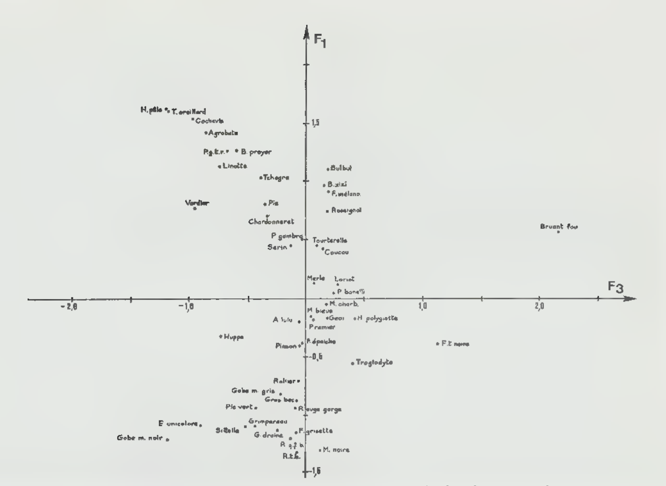


Fig 9. — Representation des 48 espèces dans le plan F1-F3 de l'analyse des correspondances

quatre premiers 57,7 % et les cinq premiers 62,4 % (F1 : 27,5, F2 : 13,2, F3 : 9,01, F4 : 7,9 et F5 : 4,8). Il faut aller jusqu'à F9 pour obtenir 75 %. La situation des avifaunes forestières étudiées est donc complexe et conditionnée par un grand nombre de facteurs. A chacun de ces facteurs est associée une corrélation canonique notablement élevée : F1 : 0,649, F2 : 0,450, F3 : 0,371, F4 : 0,349, F5 : 0,270... Nous avons surtout insisté sur la vision des graphiques espèces-relevés sur un même facteur de l'analyse des correspondances (ESTÈVE et PAGÈS 1976) (1)

III.2. ANALYSE FACTORIELLE, ÉLÉMENTS D'INTERPRÉTATION GÉNÉRALE

Le vecteur 1 étale nos stations depuis les forêts d'altitude, hautes et humides (Chênaies, Cédraies et Pinèdes) jusqu'aux matorrals bas semi-arides de basse altitude (Thuyas et Chênes verts), le noyau central étant constitué de forêts basses semi arides de Chênes-lièges et de matorrals élevés sub-humides de Chênes verts De même les espèces sont réparties le long de cet axe, du Roitelet triple-bandeau à l'Hypolaïs pâle, l'origine de l'axe étant occupée par les espèces ubiquistes, tels le Merle noir et le Pinson des arbres

L'axe 2 distingue, à l'intérieur des forêts hautes humides, les Conifères des Chênaies et sépare ces dernières suivant un gradient altitudinal. coordonnées sur F2 positives pour une altitude inférieure à 1 600 m et négatives pour une altitude supérieure.

Au niveau des espèces, nous retrouvons le même phénomène avec la Mésange noire du côté des Conifères, le Rouge-queue à front blanc au niveau des Chênaies de haute altitude et l'Etourneau unicolore à l'autre extrême, près des Chênaies d'altitude inférieure à 1 600 m.

Le troisième axe discrimine très nettement les trois stations de Callitriaies des hautes vallées du Plateau Central de celles de la Meseta et de toutes les autres stations, ainsi que deux espèces, le Bruant fou et la Fauvette à tête noire, qui présentent leur plus fort IPA dans ces stations.

Au niveau de l'interprétation, le vecteur 1 apparaît comme la résultante d'un complexe de facteurs de milieux jouant, la plupart du temps, dans le même sens : altitude, hauteur des précipitations, physionomie et, en particulier, hauteur de la végétation.

La composition floristique des formations joue un rôle discriminatoire secondaire, c'est seulement le vecteur 2 qui sépare les Conifères humides des autres formations.

Le premier axe intègre donc des données climatiques et la physionomie de la formation végétale. Nous pouvons le mettre en parallèle avec le

(1) A ce propos, nous tenons à remercier l'équipe « Analyse de données » du Laboratoire de Biométrie de l'Université de Lyon I et tout particulièrement Jean-Dominique LEBRETON qui a assuré les calculs et aidé à l'interprétation de ce travail.

concept d'étage bioclimatique tel qu'il a été défini par EMBERGER : « A chacun de ces climats (méditerranéens) correspond un ensemble de groupements végétaux quelle que soit leur composition floristique ayant les mêmes aptitudes écologiques, c'est l'étage de végétation.. sa définition est uniquement climatique mais son expression est dans la végétation ; il est la réplique biologique du climat » (EMBERGER 1939).

Nous avons reporté nos stations sur des graphiques dans le plan F1-F2, en indiquant leur appartenance bioclimatique, l'essence composant la formation, la hauteur totale moyenne de la formation et l'altitude de la station (fig. 10).

Nous pouvons constater que la meilleure concordance s'établit entre l'ordre des stations sur F1 et les étages bioclimatiques ; nous pouvons observer la séparation très nette des formations en trois groupes :

— le groupe des stations de l'étage semi-aride avec des coordonnées positives sur F1 ;

— le groupe des stations de l'étage humide avec des coordonnées négatives sur F1 ;

— un groupe médian, proche du centre de F1, des stations de l'étage sub-humide.

Nous pouvons aussi constater que l'étage bioclimatique et la physionomie de la végétation jouent presque toujours dans le même sens : les matorrals bas correspondant à des stations semi-arides ayant des coordonnées positives, les forêts moyennes et hautes appartenant aux étages humide et sub-humide avec des coordonnées négatives, enfin, au milieu du graphique, une situation plus complexe avec des forêts basses semi-arides et des matorrals élevés sub-humides : il y a donc des compensations entre l'appartenance bioclimatique d'une station et la physionomie de sa végétation.

Le graphique correspondant aux essences végétales est naturellement plus confus puisqu'une même essence peut être présente sous divers aspects physionomiques et dans plusieurs étages bioclimatiques Si nous prenons l'exemple du Chêne vert, nous voyons que les différentes stations d'Iliçaies s'étalent très largement le long de F1 et sont classées en fonction du bioclimat puis de leur physionomie. Nous trouvons successivement, le long de l'axe F1 : les matorrals bas semi-arides (stations 27-28-29), les matorrals moyens et élevés semi-arides (stations 25-26-30), les matorrals bas et moyens sub-humides à humides (stations 23-24), la forêt moyenne sub-humide (station 9) et la forêt élevée humide (stations 7-8).

A l'autre extrême figurent les stations de Conifères humides qui, se présentant toujours en forêts hautes et dans le seul étage humide, sont parfaitement regroupées.

Les autres facteurs ne sont pas interprétables en termes de variables quantitatives ; ils distinguent des stations ayant des difficultés à s'intégrer à un classement linéaire (phénomène qualitatif propre à ces stations secondaires).

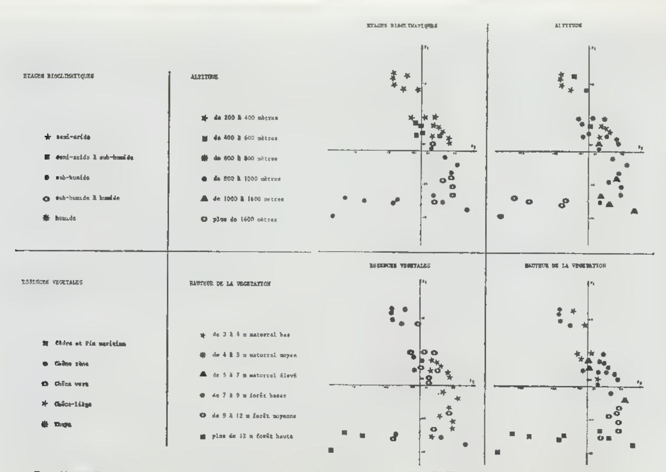


Fig. 10. — Représentation de quelques variables écologiques dans le plan F1-F2 de l'analyse des correspondances.

III 3. Réorganisation du tableau de données a l'aide de l'axe F1

Le tableau VII est la première réorganisation de notre tableau initial de données ; les espèces et les stations ont été reclassées suivant l'ordre du premier axe de l'analyse des correspondances Cette representation privilegie l'importance de ce vecteur, correspondant à un complexe altitude-climat-physionomie de la végétation, comme facteur continu des differences entre stations (ou entre espèces). La corrélation canonique attachée au nuage dont ce tableau est une réduction vaut 0,65.

Ce tableau est aussi haut du côté matorral que du côté forêt ; en d'autres termes, il n'y a pas d'augmentation significative du nombre d'espèces malgré la complexité croissante de la structure végétale. Il y a seulement une légère augmentation du nombre d'individus (augmentation de l'IPA moyen). On peut, d'ores et déjà, proposer deux causes possibles à ce phénomène :

— l'hétérogénéité des matorrals, c'est-à-dire leur diversité horizontale (clairières, enclaves cultivées... d'où effet de lisière) compensant la plus grande diversité verticale des forêts qui sont beaucoup plus homogènes sur le plan horizontal ;
— l'effet d'insularité au niveau des massifs forestiers d'altitude qui sont relativement morcelés et isolés les uns des autres. Cet effet se traduit par une richesse faible pour une densité normale (Mac Arthur et Wilson 1967).

Le facteur primordial nous semble être la diversité et l'hétérogénéité des matorrals qui compensent dans une large mesure la complexification de la végétation des forêts.

IV. Classification automatique des stations et des espèces

Nous avons poursuivi l'analyse de nos données en les soumettant à une méthode de classification automatique, dite non hiérarchique descendante, due à Fages et déjà utilisée en ornithologie par Lebreton et coll. (1976).

IV 1 La classification automatique non hiérarchique, généralités

Cette méthode est dite descendante car elle recherche un nombre de groupes croissant parmi l'ensemble des stations ou des espèces, situées mutuellement par la distance utilisée en analyse des correspondances (métrique du χ^2) ; le nombre de classes n'est pas fixé au départ.

La méthode est non hiérarchique, car en passant de n à n + 1 classes, on ne subdivise pas forcément un groupe existant, un nouveau groupe pouvant provenir de deux groupes préexistants. Si une hiérarchie est obtenue, elle ne provient pas du traitement mathématique mais d'une structure existante dans les donnees. Le caractère plus ou moins hiérarchique des resultats est d'ailleurs un moyen de connaître leur degré de signification et d'arrêter le nombre optimal de groupes.

La méthode est basée sur la notion de dispersion, critère qui mesure la cohésion d'un groupe. Partant de l'ensemble à classer, on crée de nou-

TABLEAU VII. — Matrice ordonnée des valeurs d'IPA : espèces et stations classées selon le premier vecteur de l'analyse des correspondances.

	35	34	36	38	37	27	28	30	29	33	32	17	16	18	25	31	26	9	21	20	23	24	15	22	14	9	1	11	12	8	3	10	4	7	2	6	5	1
Hippolais pallida	2					1																																
Oenanthe hispanica			1	1																																		
Galerida theklae	1	2	1,5	0,5				0,5	0,5																													
Cercotrichas galactotes	1	2	2	2,5	2	3		1							1																							
Emberiza calandra	2	3	1			3	1	1,5	2								1																					
Lanius senator	0,5	1	0,5		0,5	1															1																	
Acanthis cannabina	1,5		1			1		1					1				0,5			0,5																		
Pycnonotus barbatus	3	1	1,5	1	1	0,5	1		1	2	1	1,5		1	0,5							0,5																
Tchagra senegala	2	1	2	1	2			1				2	3	2			1	1																				
Emberiza cirlus	1	2,5	1	1	1				1	2	1				2		2					1																
Sylvia melanocephala	4,5	3	3,5	3	5	2,3	2,5	1,5	3	3	3,5	2	2	3,5		3	1	3,5	1	1	1,5	0,5	1				0,5											
Pica pica				1															0,5				0,5															
Carduelis chloris	2,5	0,5	3	1	0,5										1,5					0,5											0,5				1	1,5		
Luscinia megarhynchos	2	2	2	2	2	3	,5	1	2	2	1	2	1	2	1	2		1	1		2	2					2							1				
Carduelis carduelis	3,5	1	3	3,5	2,3	2	3,3	1	2,5	0,5		1	1,5	1,5	3		1		3	2		0,5		0,5	0,5				0,5	4,5	1			1,5				
Emberiza cia									1	1,5	1,5					2																						
Alectoris barbara	1	2,5	1,5	2	3,5	1	2	1,5	0,5		7,5	3	1,5		1	1	1		2,5	2,5	1		2	1	1,5	1		2	1		0,5							
Streptopelia turtur	5,5	4	5	5	4,5	4	5	4	4,5	4	3	2	2	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3,5	1	1	3	2,5	3,5	2	1		1	2	1	1	1	1	
Serinus serinus	3	2,5	2,5	4	2,5	0,5			0,5	1	1	2	1	2	1,5	1	0,5	3	1			1,5	0,5							3	3		2	1,5				1
Cuculus canorus	2	2	2	1	2	1		1	1	2	1	3	3	2	2	2	1		2	1	1	1	1	1	1	1	1			1				1	1			1
Turdus merula	2,5	2,5	3	3,5	3	2	1	2,5	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2,5	1,5	2,5	3	2,5	2	0,5	1,5	2,5		1,5	1	1,5	2	2	3,5	2	1,5	2	2	3,5
Oriolus oriolus		1	1			2		1		2		1	1	3	1,5	2	1	2	3	3		2	2	2	2	2	1	,5	2							1		
Phylloscopus bonelli	2		2	1,5	2			1	3	2	2				2	2	1	1	0,5				1	0,5			2				3	0,5	3,5	2	2	1		1
Parus major		1,5				1,5	1	1,5	1	2	2,5	4	2,5	4,5	2,5	2	3,5	4,5	2,5	3,5		1	2	0,5	2,5	2	2	1	1	3	1	2	2	2	1	2	2	1,5
Parus caeruleus	0,5	1	1		1	2	1,5	3	2,5		2	4,5	3,5	4,5	0,5	5	3,5	3,5	3	,5	2	2,5	4	1,5	4,5	3,5	4	4	1,5	2,5		3	4	2	2	3	4,5	
Garrulus glandarius						1	0,5	1		,5	0,5		0,5	1	0,5	0,	1		1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,		,5	1	1	0,5		1		0,5		0,5	0,5	0,5
Columba palumbus					1	2	[illegible]	1				1,5	2	3	2		[illegible]		3,5	3	2	2	3	[illegible]	[illegible]	1,5	1	3	3	2	2	1	1	2	2	2	[illegible]	2
Hippolais polyglotta							1															1							1									
Lullula arborea												1			1		1		1		2		1	1	1	1			1								1	
Upupa epops															1		1			[illegible]														[illegible]		2	1	
Dendrocopos major									0,5				0,5	2			0,5	1	0,5			0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5		1		,5	0,5	1		
Sylvia atricapilla										3	4					3,5						2,5				[illegible]	3			1		3	3,5	1		1		2
Fringilla coelebs	1					0,5	1,5	2,5	3,5	1	0,5	3,5	5	5,5	3,5	1	4,5	5,5	4,5	4,5	3	3,5	5	3	3,5	4	3,5	6	5,5	7	5,5	4	4,5	6	6	4	5,5	7
Troglodytes troglodytes							2		2,5	2		1			2	2,5	[illegible]					3	2,5			1	3	2	4	3	2	4	3	1	4,5			4,5
Coracias garrulus									0,5	0,5	0,5											1	1		1,5	1,5	2	1,5	1,5	,5		,5				1	2	
Muscicapa striata												0,5								0,5								[illegible]						0,5	1	1		0,5
Coccothraustes coccothraustes															0,5									2,5		1,5	3	0,5			1	1	2,5	2	0,5	1	0,5	
Erithacus rubecula																1					3					2	1,5			2	1,5	3	5	1	2	1,5	1	2,5
Picus viridis															0,5				1						1		1	0,5		2	1	[illegible]	1,5	2	0,5	2	2	1
Certhia brachydactyla																									2	2	,5	4,5	3,5	3	2	2	3	3	1	3	3	3
Sitta europaea																									0,5		1,5	1	2,5	1,5	1	,5	1,5	2	1	,5	2	
Sturnus unicolor																										1	1	1,5	2,5	3		1,5				3	4	
Turdus viscivorus																									1	0,5		0,5	1		1	0,5	1	2,5	1	1		2
Sylvia communis																															1		2	1				
Phoenicurus phoenicurus																														1			1					0,5
Ficedula hypoleuca																														2			1	2		2	2,5	
Parus ater																															4				3			4
Regulus ignicapillus																															2		1	4	2	0,5		6

veaux groupes autour des éléments les plus lâches, c'est-à-dire ceux qui diminuent le plus la dispersion d'un groupe lorsqu'on les retire du dit groupe. Au fur et à mesure de l'augmentation du nombre des classes, la dispersion totale, qui est une mesure de la somme des dispersions de chaque classe autour de son centre de gravité, diminue. Les cassures dans cette courbe de diminution indiquent en général un niveau où une scission importante a eu lieu, par exemple partage d'un groupe important en deux sous-groupes.

IV.2. Classification automatique des stations (voir fig. 12)

Nous donnons, sur la figure 11, la courbe de diminution de la dispersion totale en fonction du nombre de groupes ; une cassure peut être observée entre les niveaux 7 et 8, niveau auquel se produisent également trois changements non hiérarchiques Nous verrons ci-dessous qu'à ce stade s'opère un reclassement important des matorrals. Sur la figure, nous avons indiqué la répartition des 11 changements non hiérarchiques ; ce nombre peut paraître élevé, mais il ne concerne en réalité que 5 stations de matorrals, ce qui confirme à nouveau leur hétérogénéité.

Finalement, le classement en 10 groupes est retenu, à cette hauteur la dispersion est le 1/3 de la dispersion originale (dispersion totale = 1,53 ; dispersion au niveau 10 = 0,52).

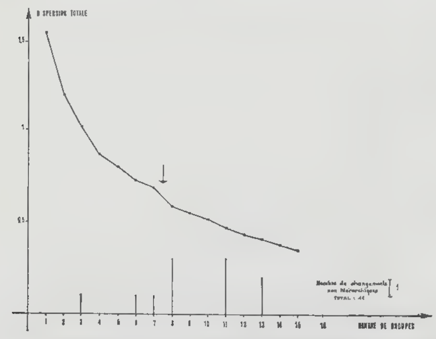


Fig. 11. — Classement discontinu des stations. Courbe de diminution de la dispersion totale.

La première coupure des 38 stations distingue d'une part, les forêts moyennes et hautes (+ la station 22, taillis de Chêne-liège sub-humide) et d'autre part, l'ensemble des matorrals et forêts basses. Le premier groupe de 15 stations étant peuplé par des espèces comme le Roitelet triple-bandeau, le Gobe-mouche noir, la Sittelle, le Grimpereau .. alors que dans le second groupe (23 stations) se rencontrent le Bulbul, l'Hypolaïs pâle, le Traquet oreillard, le Bruant zizi, l'Agrobate...

La deuxième étape isole les matorrals de Thuyas semi-arides de plaine et un matorral semi-aride de Chênes verts (station 27), caractérisés par la présence de l'Hypolaïs pâle et du Traquet oreillard, de l'ensemble des formations basses que rejoint la station 22 (1er changement non hiérarchique). Au niveau suivant, les forêts de Conifères (Cédraie et Pinède) se séparent du groupe des hautes et moyennes forêts ; la Mésange noire étant l'espèce différentielle.

La quatrième coupure se contente d'isoler du bloc des forêts moyennes et hautes, deux Chênaies humides (stations 4 et 7) d'altitude supérieure à 1 600 m La présence dans ces deux stations du Rouge-queue à front blanc et l'absence de l'Etourneau unicolore expliquent ce clivage.

A la cinquième division, l'ensemble des stations du groupe des forêts moyennes et hautes va se trouver classé en groupes définitifs, les forêts hautes de l'étage humide se séparant des forêts moyennes sub-humides rejointes par la station 22 (second changement non hiérarchique).

La classification en six groupes a donc permis le classement de l'ensemble des stations de forêts moyennes et hautes appartenant aux étages bioclimatiques humide et sub-humide : forêts de conifères (groupe 4), forêts de feuillus humides de haute altitude (groupe 5), forêts de feuillus humides de moyenne altitude (groupe 2) et forêts de feuillus sub-humides (groupe 6). Dans ce dernier groupe figure également un taillis, donc un matorral, de Chêne-liège sub-humide (station 22) responsable de deux changements non hierarachiques ; il s'agit de la seule Subéraie sub humide échantillonnée qui se présente sous la forme d'un matorral et non d'une forêt. L'appartenance bioclimatique a finalement dominé l'aspect physionomique

Les étapes suivantes vont permettre le classement des matorrals et des forêts basses semi-arides.

La sixième division voit l'individualisation des matorrals semi-arides de Thuyas de plaine (groupe 3), dont se sépare la station 27 (taillis de Chênes verts)

Lors de la septieme étape, plusieurs scissions et regroupements fondamentaux s'opèrent avec 3 changements non hiérarchiques concernant des matorrals de Chênes verts, en particulier la station 23, difficile à classer puisqu'il s'agit du seul matorral de l'étage humide. Ces reclassements permettent la formation de deux nouveaux groupes définitifs : les matorrals de Thuyas des hautes vallées caractérisés par des forts IPA de la Fauvette à tête noire et du Bruant fou et les matorrals bas de Chênes verts semi-arides (groupe 7) Reste donc un groupe réunissant la station 23 matorral bas humide, les matorrals moyens sub-humides et les forêts basses semi arides. Notons de nouveau la compensation existant entre étage bioclimatique et hauteur de la végétation. A l'étape suivante la station 23

se trouve isolée. Le classement en 10 classes voit finalement se séparer les matorrals sub-humides de Chênes verts des forêts basses semi-arides de Chênes-lièges.

La figure 12 représente sous la forme d'un arbre les différentes étapes de la classification des stations.

Nos stations étant regroupées de façon objective en 10 classes, nous pouvons maintenant caractériser les formations ainsi définies par rapport

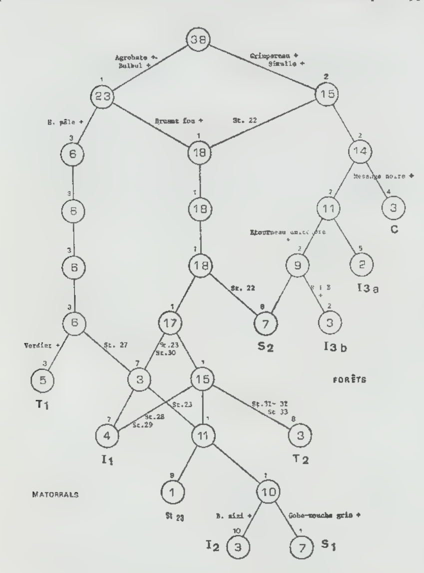


Fig. 12. — Classification automatique des 38 stations forestières.

aux principaux facteurs écologiques dont nous voulions tester l'influence sur les avifaunes forestières.

Par rapport à nos regroupements initiaux (tableau IV), on constate que les matorrals semi-arides de Thuyas ont été répartis en deux classes, qu'un matorral de Chêne vert semi-aride à tendance sub-humide (station 26) classé au départ avec les matorrals semi-arides se retrouve avec les matorrals sub-humides, que les forêts hautes, humides de Chênes verts et de Chênes zènes ont été regroupées et subdivisées en fonction de l'altitude et non de l'essence forestière ; de même la station 9, forêt moyenne sub-humide de Chênes verts, figure dans le groupe des Subéraies sub-humides et non avec les matorrals sub-humides de Chênes verts, par contre, le seul matorral sub-humide de Chênes-lièges (station 22) n'est pas classé avec les matorrals sub-humides de Chênes verts mais avec les forêts moyennes sub-humides de Chênes-lièges.

Les 10 formations peuvent être définies de la manière suivante :

— *Callitriaies semi-arides de plaine* (T1). Ce premier groupe réunit, sans distinction de hauteur, tous les matorrals semi-arides de Thuyas d'altitude inférieure ou égale à 500 m (stations 34 à 38).

— *Callitriaies des hautes vallees* (T2). Cette classe regroupe trois matorrals de Thuyas de hauteur variable (stations 31 32 33) et d'altitude supérieure ou égale à 600 m qui couvrent les pentes des hautes vallees du Plateau Central. Bien que par definition le Thuya n'existe que dans l'etage semi-aride, ces stations sont à la limite du sub-humide. En tout etat de cause, même si le mésoclimat existant localement au niveau de ces vallées est semi-aride, le climat régional, lui, est sub-humide.

— *Matorrals semi-arides de Chênes verts* (I1). Les quatre stations de ce groupe (stations 27 à 30) sont des matorrals de Chênes verts bas ou moyens dont la hauteur n'excède pas 6 m et appartenant à l'étage semi aride Leur altitude varie de 600 à 800 m. La station 30 comporte quelques Chênes-lièges

— *Matorrals sub-humides de Chênes verts* (I2). Ce sont les stations 24-25-26, matorrals moyens à élevés de Chênes verts de l'étage sub-humide (stations 24-25) ou à la limite de l'étage sub humide (station 26) et allant de 600 à 900 m d'altitude.

— *Matorral humide de Chênes verts.* Cette classe ne renferme que la station 23, toutes les autres stations d'Iliçaies de l'étage humide se présentant sous la forme de forêts Il s'agit d'un matorral bas situé à 1 490 m d'altitude à la limite entre les étages sub-humide et humide.

— *Subéraies basses semi arides* (S1). Cette classe comporte les stations 15 à 21 qui sont toutes des forêts basses semi arides de Chênes-lièges dont l'altitude varie de 350 à 800 m.

— *Subéraies moyennes sub-humides* (S2). Ce groupe est assez complexe, il comprend des forêts moyennes sub humides de Chênes-lièges (stations 10 à 14) de 700 à 1 200 m d'altitude, la station 22 qui est un taillis, donc un matorral élevé de Chênes-lièges sub-humide situé à 800 m d'altitude et la station 9, seule forêt de Chênes zènes et verts sub-humide que nous ayons pu échantillonner. C'est une forêt moyenne de 1 200 m d'altitude.

Les stations 10 et 11 comportent également du Chêne zène, ce qui indique la proximité de l'étage humide.

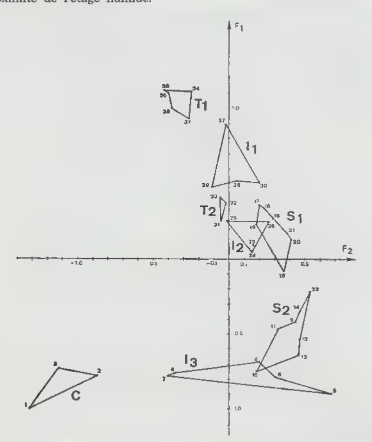


Fig 13. — Représentation des formations forestières dans le plan F1-F2

Chênaies hautes humides (I3). Nous réunissons dans ce groupe des Zénaies et des Iliçaies hautes, de l'étage humide, que la taxonomie des correspondances a séparées en deux classes en fonction de l'altitude :

- altitude supérieure à 1 700 m. stations 4 (Zènaie) et 7 (Iliçaie),
- altitude inférieure à 1 700 m : stations 5-6 (Zènaies) et 8 (Iliçaie).

— *Forêts de Conifères humides* (C). Ce sont des forêts hautes, humides d'altitude supérieure à 1 600 m Ce groupe comprend une Cédraie (station 1) et deux Pinèdes de Pins maritimes (stations 2 et 3).

Nous pouvons maintenant organiser les nuages de points des plans factoriels F1 F2, F1-F3 et F1-F4 (fig. 13, 14, 15) de l'analyse des correspondances en y traçant les polygones stationnels correspondant à chaque classe, ce qui permet une première comparaison du classement des stations par les deux méthodes.

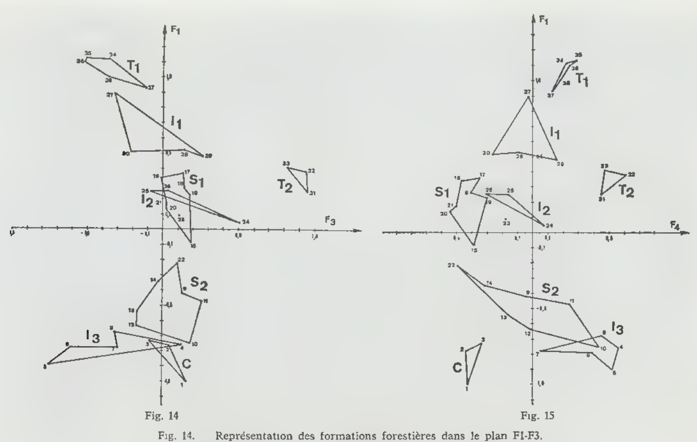


Fig. 14. Représentation des formations forestières dans le plan F1-F3.
Fig. 15. — Représentation des formations forestières dans le plan F1 F4.

IV.3. Relations entre le classement des stations par l'analyse des correspondances et la classification automatique

Si nous prenons le classement des stations suivant l'axe F1 de l'analyse des correspondances et y reportons les groupements définis par la taxonomie des correspondances, nous obtenons une représentation où les groupes extrêmes (Thuyas semi-arides, Chênaies sub-humides) sont bien discriminés, mais où l'on observe des chevauchements dans l'ensemble assez homogène des forêts humides et surtout vers le centre de F1 entre matorrals sub-humides et forêts semi-arides ; chevauchements qu'expliciteront F2 et F3 respectivement. Cette superposition montre les limites de la réduction séquentielle du premier vecteur de l'analyse des correspondances L'axe F2 permet de distinguer les feuillus des Conifères dans l'ensemble des forêts humides (fig 13) L'axe F3 sépare très nettement les Callitriaies des hautes vallées de toutes les autres formations (fig. 14). F4 enfin est le seul à isoler légèrement les Subéraies semi arides des matorrals sub-humides de Chênes verts (fig. 15).

Finalement, seule une représentation graphique multidimensionnelle dans un espace à un grand nombre de dimensions, malheureusement irréalisable, nous permettrait de bien discriminer nos groupes de stations

Nous pouvons, par ailleurs, suivre la formation des groupes aux différents stades de la classification automatique, en traçant à chaque niveau le contour des classes obtenues sur le nuage de points du plan factoriel F1 F2 de l'analyse des correspondances (Gautier 1977) (fig. 16)

Les premières divisions, jusqu'au quatrième niveau, correspondent au premier facteur ; puis les niveaux suivants apparaissent liés à F2. Enfin, à partir du 7e stade, le découpage se poursuit suivant les axes F3, F4 .. et la représentation des classes dans un plan devient plus tourmentée. Remarquons également que ce sont les stations centrales du nuage correspondant aux matorrals sub humides et aux forêts basses qui ont été les dernières à être classées par la taxonomie des correspondances

IV.4 Réorganisation du tableau de données avec stations regroupées

Nous pouvons maintenant opérer un premier reclassement du tableau où les espèces restent classées dans l'ordre du premier axe de l'analyse des correspondances, mais où les stations sont regroupées suivant les classes définies par la taxonomie. Le tableau VIII est le résultat de cette réorganisation, il donne un IPA moyen des espèces suivant les formations. Le tableau IX présente les mêmes chiffres, mais en ne considérant que la séquence des Chênes verts ; nous pouvons y réinsérer la Fauvette passerinette qui avait été exclue de l'analyse des données. Notons au passage que, malgré cette omission, l'originalité de la station 23 a quand même été mise en relief.

TABLEAU VIII — Valeurs moyennes d'IPA des espèces classées suivant le premier facteur de l'analyse des correspondances dans chacune des formations définies par la taxonomie des correspondances.

	T	I1	T2	I2	S1	S2	I3	C
Hippolais pallida	0,	0,25						
Oenanthe hispanica	0,4							
Galerida theklae		0,75						
Cercotrichas galactotes	,9	0,75		0,3				
Emberiza calandra	,4	1,9		0,3				
Lanius senator	0,5	0,4						
Acanthis cannabina	0,5	0,5		0,2	0,2			
Pycnonotus barbatus	,5	0,6	1,3	0,3	0,4			
Tchagra senegalla	,6	,25		0,3	1			
Emberiza cirlus	3	0,25	1	1,7				
Sylvia melanocephala	3,8	2,4	3,2	0,5	1,9	0,1		
Pica pica	0,[illegible]				0,1			
Carduelis chloris	1,5			0,5	0,1		0,3	0,5
Luscinia megarhynchos	2	,9	1,7	1	1	0,3	0,2	
Carduelis carduelis	2,2	2,25	0,2	1,5	1,3	0,2	0,6	0,3
Emberiza cia		0,25	1,7					
Alectoris barbara	,4	25	0,8	0,7	1,6	,		
Streptopelia turtur	3,9	4,4	3,7	3,7	3,2	2,2	1,5	0,7
Serinus serinus	2,4	0,25	1	1,2	,4		1,3	,3
Cuculus canorus	1,4	0,75	,7	1,3	,9	0,7	0,4	0,7
Turdus merula	2,3	1,9	2,7	2,2	2,1	1,6	2,2	2,3
Oriolus oriolus	0,4	0,75	1,3	,5	2,5	1,8	0,2	
Phylloscopus bonelli	1	,25	2	,3	0,4	0,6	1,5	2
Parus major	0,3	,25	2,2	2,3	3,4	1,8	2,2	1,7
Parus caeruleus	3,5	2,25	,5	2,2	3,8	3,75	3,2	1
Garrulus glandarius		0,4	0,5	0,8	0,6	,	0,4	0,2
Columba palumbus	0,2	1,25	1	1,7	2,5	1,8	1,6	2
Hippolais polyglotta		0,75		0,3		0,3		
Lullula arborea		0,25		07	04	08	0,2	
Upupa epops		0,5		0,7	0,3		0,8	
Dendrocopos major		0,		0,3	0,8	0,8	0,6	0,2
Sylvia atricapilla			3,5	0,8		1,2	1,3	0,7
Fringilla coelebs	0,2	[illegible]	0,8	4,5	4,2	4,4	5,4	6,2
Troglodytes troglodytes		,1	,5	2	0,5	2,3	,4	3,7
Coracias garrulus		0,	0,3	0,3	0,	,8	0,9	
Muscicapa striata					0,1	0,3	0,3	0,5
Coccothraustes coccothraustes				0,2	0,3	1,2	1,4	0,5
Erithacus rubecula			0,3			1,1	2,	2
Picus viridis				0,2	0,3	0,9	1,9	0,8
Certhia brachydactyla						2,4	3	2
Sitta europea						1,2	1,7	0,7
Sturnus unicolor						1,25	2	
Turdus viscivorus						0,6	0,9	1,3
Sylvia communis							0,6	0,3
Phoenicurus phoenicurus							0,4	0,2
Ficedula hypoleuca							,9	
Parus ater								3,7
Regulus ignicapillus							1,1	3,3
nombre total d'espèces	26	3,	22	31	28	28	32	26
nombre moyen d'espèces par relevé	19,6	,9,5	19	22,[illegible]	17,7	21,2	22,2	19,3
nombre de relevés	5	4	3	3	7	7	5	3

IV.5. Classification automatique des espèces (voir fig. 18)

Pour terminer la réorganisation de notre tableau, il est possible de procéder au classement des espèces, les discontinuités découvertes dans l'ensemble des stations devant aussi apparaître dans l'ensemble des espèces La figure 17 donne la courbe de diminution de la dispersion totale en fonction du nombre de classes et la répartition des 14 changements non hiérarchiques Après examen de cette courbe et du « listing », nous avons décidé de nous arrêter à la classification en 8 groupes ; à ce niveau se produit une rupture de la courbe de diminution et la dispersion n'est

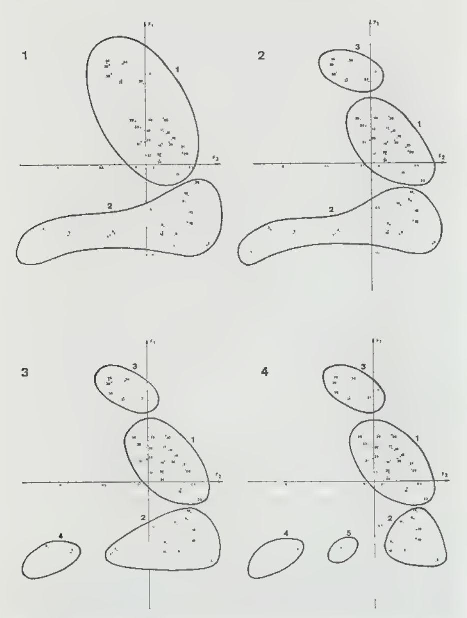


Fig. 16. — Cinétique de la formation des groupes de stations sur le plan F1-F2 de l'analyse des correspondances.

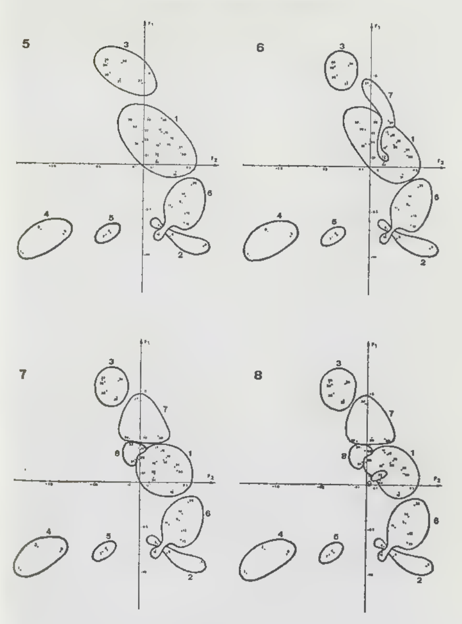


Fig. 16 (*suite*).

TABLEAU IX. — Valeurs moyennes d'IPA dans la sequence du Chêne vert

	I1	I2	23	I3
Hippolais pallida	0,25			
Galerida theklae	0,25			
Emberiza cia	0,25			
Cercotrichas galac	0,75	0,3		
Emberiza calandra	1,9	0,3		
Lanius senator	0,25		.	
Acanthis cannabina	0,5	0,2		
Pycnonotus barbatus	0,6	0,3		
Tchagra senegalla	0,25	0,3		
Emberiza cirlus	0,25	0,7		
Sylvia melanocephala	2,4	0,5	1,5	
Carduelis chloris		0,5		0,3
Luscinia megarhynchos	1,9	1	2	0,2
Carduelis carduelis	2,25	1,5		0,6
Alectoris barbara	1,25	0,7	1	
Streptopelia turtur	[illegible],4	3,7	3	1,5
Serinus serinus	0,25	1,2		1,3
Cuculus canorus	0,75	1,3	1	0,4
Turdus merula	1,5	2,2	3	2,2
Oriolus oriolus	0,75	1,5		0,2
Phylloscopus bonelli	1,25	1,3		1,5
Parus major	1,25	2,3	1	2,2
Parus caeruleus	2,25	2,2	2	3,2
Garrulus glandarius	0,6	0,8	0,5	0,4
Columba palumbus	1,25	1,7	2	1,6
Hippolais polyglotta	0,25	0,3		
Lullula arborea	0,25	0,7	2	0,2
Upupa epops	0,25	0,7		0,8
Dendrocopos major	0,1	0,3		0,6
Sylvia atricapilla		0,8		1,3
Fringilla coelebs	2	4,5	3	5,4
Troglodytes troglodytes	1,1	2		1,4
Coracias garrulus	0,1	0,3		0,9
Muscicapa striata				0,3
Coccothraustes coccothraustes		0,2		1,4
Erithacus rubecula			3	2,[illegible]
Picus viridis		0,2		1,9
Sylvia cantillans			3	
Certhia brachydactyla				3
Sitta europea				1,7
Sturnus unicolor				2
Turdus viscivorus				0,9
Sylvia communis				[illegible],6
Phoenicurus phoenicurus				0,4
Ficedula hypoleuca				1,9
Regulus ignicapillus.				1,1

plus qu'environ la moitié de la dispersion originale. La figure 18 illustre les différentes étapes de cette classification.

— La première coupure isole 4 des 48 espèces : le Roitelet à triple bandeau, la Mésange noire, la Fauvette grisette et la Grive draine. Au niveau de notre échantillonnage, ces quatre espèces peuvent être considérées comme caractérisant les forêts de haute altitude. Curieusement, cette première coupure se produit suivant le deuxième axe de l'analyse des correspondances (fig. 19).

— Au stade suivant, le groupe restant se scinde en deux, donnant naissance d'une part à un groupe de 23 espèces (groupe 3) que l'on peut qualifier de forestières (du Loriot à la Sittelle) et d'autre part à un groupe de 21 espèces (groupe 1) qui sont, soit des espèces des matorrals (Traquet oreillard, Agrobate, Linotte...), soit des espèces ayant leur optimum d'abondance dans les matorrals ou les forêts basses (Merle noir, Perdrix gambra, Pouillot de Bonelli). La figure 19 nous montre la représentation graphique dans le plan factoriel F1 F2 de l'analyse des correspondances de ces trois

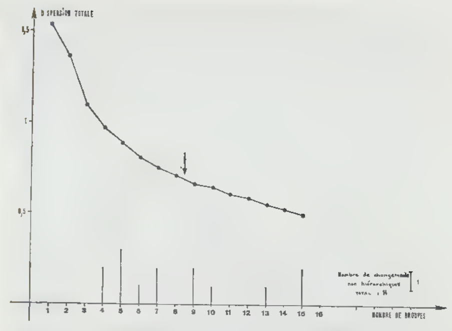


Fig 17. — Classement discontinu des espèces. Courbe de diminution de la dispersion totale.

premiers niveaux ; on voit que la seconde coupure a lieu suivant F1 : toutes les espèces des matorrals (et des forêts basses) ayant des coordonnées positives et celles des forêts, sauf le Loriot, des coordonnées négatives

— La division en quatre classes aboutit à la réorganisation des deux groupes d'oiseaux forestiers (groupes 2 et 3). Le groupe 3 se réduit à 11 espèces qui peuvent être considérées comme ubiquistes des forêts. Les 12 autres espèces qui faisaient auparavant partie de cette classe sont rejointes par deux espèces de l'ancienne classe 2 (Grive draine et Fauvette grisette) pour former le groupe 4 correspondant aux forêts de feuillus sub-humides et humides Le groupe 2, qui ne comporte donc plus que deux espèces (le Roitelet à triple bandeau et la Mésange noire), est maintenant définitif et caractérise les forêts humides de Conifères.

— Le stade suivant est complexe et s'accompagne de trois changements non hiérarchiques : le Merle noir quitte le groupe 1 (espèces des matorrals, forêts basses) pour rejoindre le groupe des ubiquistes forestiers. La cinquième classe se constitue avec deux espèces venant du groupe matorral (groupe 1) : Bruant fou et Pouillot de Bonelli et deux espèces du groupe forêts humides (groupe 4) : Troglodyte et Fauvette à tête noire ; nous retrouverons dans la suite de la classification deux de ces espèces, lors de nouveaux changements non hiérarchiques et nous verrons comment leur répartition écologique explique cette difficulté à les classer.

— Au niveau 6, la division du groupe 1 (matorrals-forêts basses) donne naissance à un groupe définitif de 8 espèces, correspondant aux matorrals semi-arides ; les 10 espèces restant dans le groupe 1 sont rejointes par le Bruant zizi qui quitte le groupe des ubiquistes forestiers, ce groupe, réduit à 11 espèces, est maintenant définitivement constitué.

— Classification en 7 classes : deux nouveaux changements non hiérarchiques se produisent : le Pouillot de Bonelli et le Troglodyte quittent le

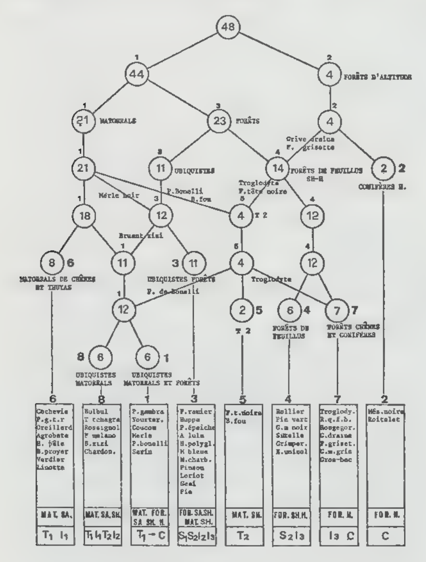


Fig. 18 — Classification automatique des espèces en 8 groupes.

groupe 5 ; il ne reste donc plus dans ce groupe que le Bruant fou et la Fauvette à tête noire, caractéristiques des Callitriaies des hautes vallées. Le Pouillot de Bonelli rejoint le groupe 1 qu'il avait quitté au quatrième niveau, alors que le Troglodyte forme, avec 6 espèces issues de l'ancien groupe 4 (forêts sub-humides et humides), la classe 7 correspondant aux forêts humides de feuillus ou de Conifères. Les 6 espèces restant dans le groupe 4 caractérisent plutôt les forêts de feuillus sub-humides à humides.

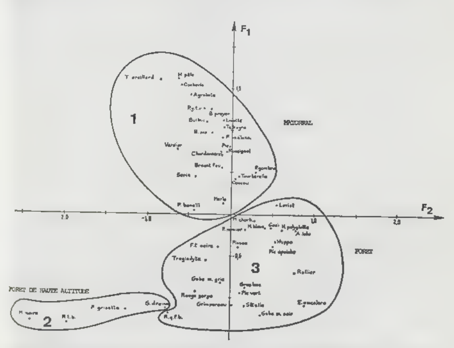


Fig 19. — Représentation des 3 premiers groupes de la classification automatique dans le plan F1-F2 de l'analyse des correspondances.

— Lors de la dernière division, les espèces du groupe 1 se séparent, en donnant naissance à un groupe d'espèces ubiquistes des milieux boisés (forêts et matorrals) et à un groupe d'espèces n'existant que dans les matorrals.

Les groupes extrêmes · espèces des Conifères humides, espèces des Callitriaies semi-arides, sont donc les premiers constitués ; puis se forment les groupes d'espèces des forêts et des matorrals humides et sub-humides ; enfin sont classées les espèces communes aux matorrals semi-arides et sub-humides et aux forêts basses. Ces espèces sont d'ailleurs les espèces proches de l'origine dans le plan factoriel F1-F2 de l'analyse des correspondances. Nous retrouvons là, de nouveau, une explication de la superposition sur F1 des Iliçaies sub humides et des Subéraies semi-arides.



Fig 20. — Representation des groupes d'espèces dans le plan F1-F2 de l'analyse des correspondances.

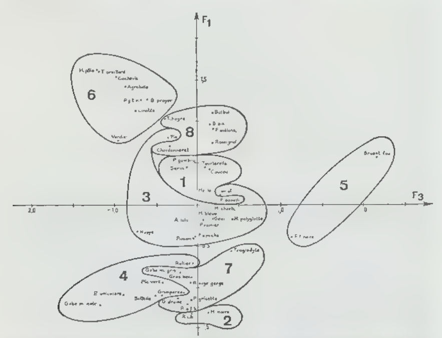


Fig. 21 — Représentation des groupes d'espèces dans le plan F1 F3 de l'analyse des correspondances.

IV.6. Relations entre le classement des espèces par l'analyse des correspondances et la classification automatique

Les figures 20 et 21 représentent le contour des classes obtenues sur le nuage de points des plans factoriels F1-F2 et F1-F3 de l'analyse des correspondances.

L'axe F1 discrimine relativement bien les groupes définis par la classification automatique, mais il existe de nombreux chevauchements expliqués par F2 (par exemple entre les groupes 4 et 7) ou par F3 (cas du groupe 5) On peut remarquer que le groupe 3 (ubiquistes des forêts) est toujours assez mal séparé du groupe 8 (ubiquistes des matorrals) et surtout du groupe 1 (ubiquistes de tous les milieux boisés) ; d'où la superposition sur l'axe F1 des formations moyennes : forêts basses semi-arides et matorrals sub-humides.

Ces groupes d'espèces qui constituent le noyau central du nuage de points du plan F1-F2 de l'analyse des correspondances ont d'ailleurs été les derniers formés par la taxonomie des correspondances.

V. Analyse finale de la structure des données

V.1. Réorganisation finale du tableau de données

Après avoir tout d'abord classé nos espèces et nos stations suivant l'axe F1 de l'analyse des correspondances, puis dans un deuxième temps regroupé nos stations et défini des formations végétales, nous pouvons maintenant procéder à la réorganisation finale de notre tableau initial, en regroupant nos espèces en fonction des classes définies par la taxonomie des correspondances et en établissant des relations entre formations végétales et groupes d'espèces Le tableau X est le résultat de ce réarrangement

La figure 22 superpose sur le plan factoriel F1-F2 de l'analyse des correspondances les polygones stationnels et les espèces aviennes, cette superposition nous fournit des indications sur les espèces attachées aux diverses formations

— Le groupe 6 qui comprend 8 espèces (Cochevis, T. oreillard, Linotte, Agrobate...) correspond aux matorrals semi arides de Chênes verts et de Thuyas.

— Le groupe 8 est formé de 6 espèces dont le Bulbul, le Rossignol et la Fauvette mélanocéphale qui peuvent être qualifiées d'ubiquistes des matorrals, elles peuplent en effet les matorrals de Thuyas de plaine et des hautes vallées et les matorrals semi-arides et sub humides de Chênes verts.

— Le groupe 5 ne comporte que deux espèces : le Bruant fou et la Fauvette à tête noire ; il caractérise les Callitriaies des hautes vallées.

— Le groupe 1 rassemble 6 espèces (Tourterelle, Coucou, Merle noir, Pouillot de Bonelli...) existant dans tous les milieux boisés, forêts et matorrals, quel que soit l'étage bioclimatique.

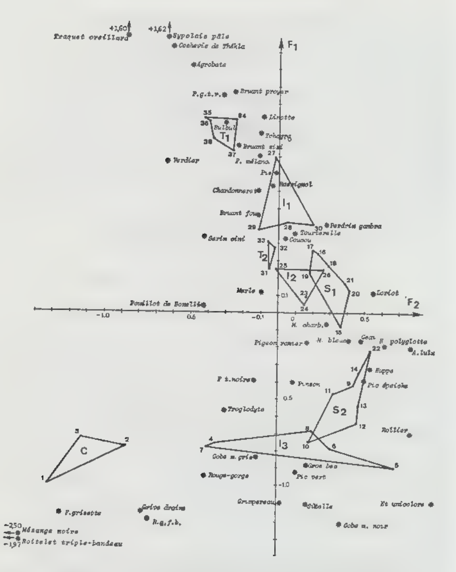


Fig. 22. — Représentation des formations forestières et des espèces aviennes dans le plan F1-F2.

— Les 11 espèces du groupe 3 : Pinson, Mésanges bleue et charbonnière, Pigeon ramier... peuplent toutes les forêts et, à un moindre degré, les matorrals élevés sub-humides de Chênes verts. Ces espèces, qui sont donc des ubiquistes forestières, présentent néanmoins un maximum d'abondance dans les Subéraies basses semi-arides.

TABLEAU X — Matrice finale réorganisée des valeurs d'IPA, stations et espèces regroupées par la taxonomie des correspondances.

		MATORRALS				FORÊTS			
		T	I 1	T 2	I 2	S 1	S 2	I 3	C
	Passer hispaniolensis	0,2							
	Oenanthe hispanica	0,4							
	Lanius senator	0,5	0,25						
	Hippolais pallida	0,4	0,25						
06	*Galerida theklae*	1	0,25						
	Cercotrichas galactotes	·,9	0,75		0,3				
	Emberiza calandra	1,2	1,9		0,3				
	Acanthis cannabina	0,5	0,5		0,2	0,2			
	Carduelis chloris	1,5			0,5	0,1		0,3	0,5
	Emberiza cirlus	1,3	0,25	·	1,7				
	Pycnonotus barbatus	1,5	0,6	1,3	0,3	0,4			
08	*Tchagra senegala*	,6	0,25		0,3	1			
	Sylvia melanocephala	3,8	2,4	3,2	0,5	1,9	0,1		
	Luscinia megarhynchos	2	1,9	1,7	1	1	0,3	0,2	
	Carduelis carduelis	2,2	2,25	0,2	1,5	1,3	0,2	0,6	0,3
	Emberiza cia		0,25	1,7					
05	*Sylvia atricapilla*			3,5	0,8		1,2	1,3	0,7
	Sylvia hortensis				0,3				
	Alectoris barbara	1,4	1,25	0,8	0,7	1,6	1		
	Streptopelia turtur	3,9	4,4	3,7	3,7	3,2	2,2	1,5	0,7
0·	*Serinus serinus*	2,4	0,25	1	1,2	1,4		1,3	1,3
	Cuculus canorus	,4	0,76	1,7	1,3	1,9	0,7	0,4	0,7
	Turdus merula	2,3	,9	2,7	2,2	2,1	·,6	2,2	2,3
	Phylloscopus bonelli	·,?	1,25	2,0	1,3	0,4	0,6	1,5	2
	Merops apiaster	0,2				0,6			
	Pica pica	0,2				0,1			
	Oriolus oriolus	0,4	0,75	1,3	1,5	2,5	1,8	0,2	
	Parus major	0,3	·,25	2,2	2,3	3,4	1,8	2,2	1,7
03	*Parus caeruleus*	0,5	2,25	1,5	2,2	3,8	3,75	3,2	1
	Garrulus glandarius		0,6	0,5	0,8	0,6	1	0,4	0,2
	Columba palumbus	0,2	1,25	1	1,7	2,5	1,8	1,6	2
	Hippolais polyglotta		0,25		0,3		0,3		
	Lullula arborea		0,25		0,7	0,4	0,8	0,2	
	Upupa epops		0,25		0,7	0,3		0,8	
	Dendrocopos major		0,1		0,3	0,8	0,8	0,6	0,2
	Fringilla coelebs	0,2	2	0,8	4,5	4,2	4,4	5,4	6,2
	Francolinus bicalcaratus					0,3			
	Coracias garrulus		0,·	0,3	0,3	0,1	1,8	0,9	
	Picus viridis				0,2	0,3	0,9	1,9	0,8
·4	*Certhia brachydactyla*						2,4	3	2
	Sitta europea						1,2	1,7	0,7
	Sturnus unicolor						1,25	2	
	Ficedula hypoleuca							1,9	
	Troglodytes troglodytes		1,1	1,5	2	0,5	2,3	1,4	3,7
	Muscicapa striata					0,1	0,2	0,3	0,5
	Coccothraustes coccothraustes				0,2	0,3	1,2	1,4	0,5
	Erithacus rubecula			0,3			1,1	2,1	2
	Turdus viscivorus						0,6	0,9	1,3
07	*Sylvia communis*							0,6	0,3
	Phoenicurus phoenicurus							0,4	0,2
	Columba oenas							0,2	
02	*Regulus ignicapillus*							1,1	3,3
	Parus ater								3,7
	I P A	34,5	31,75	33,90	35,8	37,3	37,4	43,7	38,8
	nombre d'espèces	28	31	22	32	30	28	33	26
	I.P.A moyen	·,23	·,02	1,54	1,09	1,24	1,34	1,32	1,49

– Le Rollier, la Sitelle, le Grimpereau, l'Etourneau unicolore, le Pic vert et le Gobe-mouche noir, qui sont toutes des espèces cavernicoles, forment le groupe 4. Ce groupe correspond aux forêts humides et sub-humides et ont leur maximum d'abondance dans les Subéraies et les Iliçaies.

— Le groupe 7 réunit des espèces comme le Troglodyte, le Rouge-gorge, la Grive draine et le Gros bec qui peuplent également les forêts sub-humides et humides mais qui ont leur plus grande abondance dans les forêts de l'étage humide, Cédraie, Pinèdes ou Iliçaies.

— Enfin, le Roitelet triple bandeau et la Mésange noire, qui forment le groupe 2, caractérisent les formations de Conifères humides.

V.2 Commentaires techniques sur le tableau, calcul des densités

Sur le tableau final des données, nous avons réintroduit les espèces accidentelles éliminées avant le traitement en analyse multivariée. Nous donnons, pour chaque formation, la somme des IPA individuels, la variété totale (nombre total d'espèces) et l'IPA individuel moyen.

Les IPA n'indiquent que des densités relatives et ne permettent pas de comparaisons inter-spécifiques. Afin d'obtenir une idée des densités absolues et des biomasses, nous avons transformé nos IPA grâce à des coefficients de conversion Ces coefficients nous ont été, pour la plupart, aimablement communiqués par J. Blondel ; les autres ont été, soit relevés dans le travail de Lebreton, Tournier et Lebreton (1976), soit calculés ou modifiés à partir de notre propre expérience dans les milieux étudiés, en particulier d'après un quadrat effectué en Subéraie semi-aride [1]. Ces coefficients sont fonction de la détectabilité de chaque espèce et des caractéristiques des milieux étudiés ; ils dépendent par ailleurs, pour une bonne part, de la façon de travailler et comportent donc une dose non négligeable d'appréciation personnelle, tant dans la pratique des IPA que dans l'interprétation des quadrats dont ils sont issus Les valeurs des densités ainsi obtenues ne représentent donc qu'une mesure approchée, mais permettent tout de même d'esquisser des comparaisons entre les diverses formations étudiées et les résultats acquis par d'autres auteurs dans des milieux forestiers semblables.

Les tableaux XI et XII présentent ces densités respectivement pour les matorrals et les forêts, les espèces étant classées en fonction de leur densité moyenne dans ces deux types de milieux boisés Nous avons calculé la densité totale, la densité spécifique moyenne et en avons déduit le nombre d'espèces dominantes et sub-dominantes.

Nous discuterons ces données dans les chapitres suivants, mais nous pouvons déjà émettre quelques commentaires généraux. Comme nous l'avons remarqué précédemment, il n'y a pas, comme on aurait pu s'y attendre,

(1) Ces coefficients nous faisaient défaut pour certaines espèces Agrobate Gobe-mouche noir, Etourneau unicolore, Huppe, Cochevis, Hypolaïs pâle et Rollier Pour ces espèces, le coefficient a été estimé et ces approximations se répercutent évidemment sur les résultats.

TABLEAU XI — Densités aviennes moyennes dans les matorrals.

		T1	I1	T2	I2	moyenne Matorrals
1	*Parus caeruleus*	1,55	6,98	4,65	6,82	5
2	*Sylvia melanocephala*	6,08	3,84	5,12	0,8	3,96
3	*Fringilla coelebs*	0,4	4	,6	9	3,75
4	*Streptopelia turtur*	3,7	4,1	3,5	3,5	3,7
5	*Carduelis carduelis*	4,4	4,5	0,4	3	3,08
6	*Turdus merula*	2,9	2,38	1,38	2,75	2,86
7	*Parus major*	0,5	2,13	3,74	3,9	2,57
8	*Troglodytes troglodytes*		2,2	3	4	2,3
9	*Phylloscopus bonelli*	1,76	2	3,2	2,1	2,27
10	*Luscinia megarhynchos*	2,2	2,1	,9	1,1	1,83
11	*Serinus serinus*	3,6	0,38	1,5	1,8	1,82
12	*Emberiza cirlus*	1,95	0,38	1,5	2,55	1,6
13	*Cercotrichas galactotes*	3,8	1,5		0,6	,48
14	*Pycnonotus barbatus*	2,4	0,96	2,08	0,48	1,48
15	*Sylvia atricapilla*			4,55	1,04	1,4
16	*Emberiza calandra*	1,8	2,85		0,45	1,28
17	*Emberiza cia*		0,5	3,4		0,98
18	*Oriolus oriolus*	0,32	0,6	1,04	1,2	0,79
19	*Cuculus canorus*	0,84	0,46	,02	0,78	0,78
20	*Acanthis cannabina*	1	1		0,4	0,6
21	*Alectoris barbara*	0,7	0,63	0,4	0,35	0,52
22	*Carduelis chloris*	1,5			0,5	0,5
23	*Garrulus glandarius*		0,6	0,5	0,8	0,48
24	*Galerida theklae*	1,5	0,38			0,47
25	*Columba palumbus*	0,08	0,5	0,4	0,68	0,42
26	*Hippolais pallida*	0,8	0,5			0,32
27	*Upupa epops*		0,5		0,42	0,29
28	*Hippolais polyglotta*		0,5		0,6	0,28
29	*Tchagra senegalla*	0,8	0,3		0,15	0,27
30	*Lullula arborea*		0,25		0,7	0,24
31	*Oenanthe hispanica*	0,6				0,15
32	*Erithacus rubecula*			0,6		0,15
33	*Coccothraustes coccothraustes*				0,46	0,12
34	*Coracias garrulus*		0,05	0,25	0,15	0,
35	*Sylvia hortensis*				0,39	0,
36	*Lanius senator*	0,25	0,13			0,095
37	*Dendrocopos major*		0,08		0,24	0,08
38	*Pica pica*	0,2				0,05
39	*Picus viridis*				0,1	0,028
	densité totale	45,64	46,76	47,73	51,82	48,2
	densité moyenne	1,76	1,51	2,17	1,61	1,76
	espèces dominantes	5	5	3	5	4
	espèces dominantes et sub-dominantes	0	1.	9	10	1

augmentation de la variété avienne en allant des matorrals vers les forêts, malgré l'augmentation de la diversité de la végétation. C'est ainsi que la variété totale est pratiquement identique, de même que le nombre moyen d'espèces par station (20,1 pour l'ensemble des forêts et 20,2 pour l'ensemble des matorrals). Par contre, les densités augmentent de façon significative entre les matorrals (48,0) et les forêts (65,2). Les densites individuelles moyennes sont respectivement de 1,76 et 2,25.

V.3. Courbes aire/espèces pour chaque unité de végétation

Nous pouvons tester *a posteriori* la valeur qualitative de notre échantillonnage en fonction des formations végétales définies précédemment, par la méthode des courbes aire/espèces (Gaufin et coll. 1956, Bournaud et Corbille 1979), proche des courbes de la richesse cumulées de Ferry et Frochot (1970) reprises par Blondel (1975 *b*) et Ferry (1976).

Il s'agit de rechercher le nombre d'espèces nouvelles apportées par chaque nouveau relevé. On effectue la courbe cumulée du nombre d'espèces apportées par les k premiers relevés. On considère qu'on a détecté la totalité des espèces présentes dans un milieu quand cette courbe atteint un palier. Les courbes obtenues ici sont de forme voisine de celles figurées

TABLEAU XII. — Densités aviennes moyennes dans les forêts.

		51	52	13	C	moyenne forêts
1	*Fringilla coelebs*	8,4	8,8	10,8	12,4	10,.
2	*Parus caeruleus*	11,78	11,63	9,92	3,.	9,1
3	*Certhia brachydactyla*		7,2	9	6	5,55
4	*Regulus ignicapillus*			4,4	13,2	4,4
5	*Troglodytes troglodytes*	1	4,6	2,8	7,4	3,95
6	*Parus major*	5,78	3,06	3,74	2,89	3,87
7	*Erithacus rubecula*		2,2	4,1	4	2,58
8	*Turdus merula*	2,63	2	2,75	2,9	2,57
9	*Coccothraustes coccothraustes*	0,69	2,78	3,22	1,.5	1,96
10	*Phylloscopus bonelli*	0,64	0,96	2,4	3,2	1,8
11	*Streptopelia turtur*	3	3,07	1,4.	0,66	1,79
2	*Parus ater*				6,29	1,57
13	*Serinus serinus*	2,1		1,95	1,95	1,5
14	*Sitta europea*		1,72	2,4	1	1,28
15	*Carduelis carduelis*	2,6	0,4	1,2	0,6	1,2
16	*Muscicapa striata*	0,4	1,2	1,2	2	1,2
17	*Sylvia atricapilla*		1,36	1,69	0,91	1,04
18	*Ficedula hypoleuca*			3,8		0,95
9	*Oriolus oriolus*	2	1,44	0,16		0,9
20	*Sylvia melanocephala*	3,04	0,16			0,8
21	*Columba palumbus*	1	0,72	0,64	0,8	0,79
22	*Cuculus canorus*	1,4	0,42	0,24	0,42	0,56
23	*Garrulus glandarius*	0,6	1	0,4	0,2	0,55
24	*Picus viridis*	0,16	0,47	1,03	0,43	0,52
25	*Turdus viscivorus*		0,48	0,72	1,04	0,52
26	*Dendrocopos major*	0,64	0,64	0,48	0,.6	0,48
27	*Phoenicurus phoenicurus*			1,12	0,56	0,42
28	*Luscinia megarhynchos*	1,1	0,33	0,22		0,41
29	*Sturnus unicolor*		0,63	1		0,41
30	*Coracias garrulus*	0,05	0,9	0,45		0,35
31	*Lullula arborea*	0,4	0,8	0,2		0,35
32	*Sylvia communis*			0,9	0,45	0,34
33	*Alectoris barbara*	0,8	0,5			0,33
34	*Carduelis chloris*	0,1		0,3	0,5	0,23
35	*Upupa epops*	0,18		0,48		0,17
36	*Pycnonotus barbatus*	0,64				0,16
37	*Hippolais polyglotta*		0,6			0,15
38	*Tchagra senegalla*	0,5				0,13
39	*Acanthis cannabina*	0,4				0,1
40	*Pica pica*	0,1				0,038
41	*Francolinus bicalcaratus*	0,15				0,025
42	*Columba oenas*			0,08		0,02
	densité totale	52,02	59,25	75,2	74,21	65,16
	densité moyenne	1,79	2,12	2,28	2,86	2,26
	espèces dominantes	3	4	3	5	3
	espèces dominantes et sub-dominantes	9	7	12	10	8

dans Blondel (1975*b*) et qui concernent des milieux ligneux de la région méditerranéenne Cet auteur précise que ces courbes s'aplatissent considérablement au bout d'une vingtaine de relevés, soit 10 IPA.

La figure 23 donne les courbes aire/espèces des huit formations étudiées (1). Nous précisons également pour chacune des formations : le

(1) Nous remercions ici Michel Bournaud qui a bien voulu traiter nos données grâce au programme qu'il a adapté à l'ornithologie.

nombre moyen d'espèces par station : S1 ; le nombre total d'espèces pour les n stations : S ; le nombre d'espèces nouvelles apportées par le dernier IPA : Sn, ainsi que le nombre d'espèces nouvelles apparues entre le deuxième et le troisième IPA : S3. En effet, les stations hétérogènes voient leur nombre d'espèces augmenter plus vite dans les premiers relevés et leurs courbes auront une pente d'autant plus forte que le

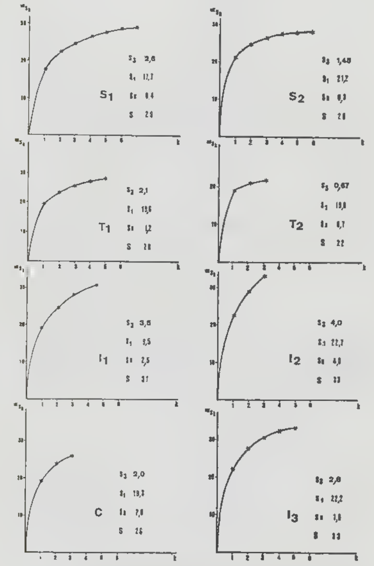


Fig 23. — Courbes aires-espèces dans chaque unité de végétation.

peuplement est hétérogène. S3, qui figure la pente de la courbe à ce niveau, nous renseigne donc sur la diversité et le degré d'homogénéité des diverses formations.

Il apparaît que seules les Subéraies semi-arides et sub-humides ont été à peu près valablement échantillonnées, pour les autres formations, l'échantillonnage s'avère loin d'être terminé, tout particulièrement en ce qui concerne les matorrals de Chênes verts ; cela est à mettre en rapport avec l'hétérogénéité de ces milieux.

DISCUSSION AUTOECOLOGIQUE PAR ESPECE

Nous discuterons dans ce chapitre de l'écologie des espèces rencontrées dans les divers milieux boisés, en particulier de leur répartition en fonction des principaux facteurs de milieu. Nous utiliserons pour cela les résultats acquis précedemment par l'analyse des correspondances et la classification automatique, de même que les profils écologiques (voir ci-dessous).

En fonction de leur amplitude d'habitat, nous avons classe les espèces contactées en trois catégories : les ubiquistes, présentes dans au moins 6 des 8 formations étudiées, les semi-ubiquistes de moindre amplitude écologique et les espèces spécialisées ne peuplant qu'un ou deux types de formation. Le tableau D montre la répartition de ces trois catégories dans les groupes définis par la taxonomie des correspondances.

Nous pouvons constater que la grande majorité des espèces ubiquistes font partie des groupes centraux 1, 3 et 8 et que les espèces spécialisées appartiennent aux groupes externes qui caractérisent une ou deux formations.

TABLEAU D

groupe n°	formations correspondantes	nombre d'espèces	Ubiquistes	Semi-Ubiquistes	Spécialisées
5	MAT SH (T2)	2	0	1	1
6	MAT SA (T1 I1)	8	0	4	4
8	MAT SA SH	6	3,50 %	3	0
1	MAT FOR	6	6,100%	0	0
3	FOR SA SH H	11	7,64 %	3	1
4	FOR SH H	6	1	3	2
7	FOR H (I3, C)	7	1	4	2
2	FOR H (C)	2	0	0	2

La figure 24 illustre l'évolution de l'abondance de quelques espèces ubiquistes, semi-ubiquistes et spécialisées dans les huit formations végétales classées suivant l'ordre de l'axe 1 de l'analyse des correspondances.

I. Profils écologiques des 48 espèces

Nous avons soumis nos 38 IPA convertis en présence-absence, à un programme d'ordinateur qui a calculé les profils écologiques des 48 es-

pèces contactées en fonction de 5 variables du milieu : altitude, densité des strates buissonnante, arbustive et arborescente et, enfin, hauteur totale moyenne de la formation. Nous avons préalablement défini les diverses modalités de chacune de ces variables.

— Altitude, 7 modalités :

1 — altitude inférieure à 200 m
2 — altitude comprise entre 200 et 400 m
3 — » » » 400 et 600 m
4 — » » » 600 et 800 m
5 — » » » 800 et 1000 m
6 — » » » 1000 et 1500 m
7 — » supérieure à 1500 m

— Strate buissonnante et strate arbustive, 3 modalités :

1 — claire, recouvrement inférieur à 25 %
2 — moyenne, » compris entre 25 et 50 %
3 — dense, » supérieur à 50 %

— Strate arborescente, 4 modalités :

1 — strate nulle ; absence totale d'arbres
2 — claire
3 — moyenne
4 — dense

— Hauteur totale moyenne de la formation, 6 modalités :

1 — matorral bas, moins de 4 m
2 — matorral moyen, de 4 à 5 m
3 — matorral élevé, plus de 5 m et moins de 7 m
4 — forêt basse, de 7 à 10 m
5 — forêt moyenne, de 10 à 15 m
6 — forêt haute, de 15 à 20 m et plus

Ces profils, significatifs au seuil de x 0,15, sont basés sur le rapport effectif observé/effectif théorique sous l'hypothèse d'insensibilité à la variable considérée. Pour chaque modalité de la variable, une valeur supérieure à 1 indique donc une sensibilité positive, et une valeur inférieure à 1 une sensibilité négative. Le tableau XIII donne les profils écologiques de toutes les espèces pour chacune des variables significatives.

Le programme utilisé traite des données converties en présence/absence ; il en résulte une perte d'information relativement importante. Nous avons calculé pour cinq espèces les corrélations existant entre leur distribution d'abondance en variables quantitatives et l'altitude, la densité de la strate arborescente et la hauteur totale moyenne de la végétation :

	Altitude	Strate arborescente	Toit
Troglodyte	0,46	0,28	0,34
Pinson	0,57	0,76	0,74
Tourterelle	— 0,68	— 0,66	— 0,78
Bulbul	— 0,56	— 0,58	— 0,56
Grimpereau	0,68	0,70	0,76

TABLEAU XIII. — Profils écologiques.

	altitude							Strate 1			Strate 2			Strate 3				hauteur formation					
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3		2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
Hippolais pallida	0,1	19,0	0	0	2,7	0	0																
Oenanthe hispanica	9,5	0	6,3	0	0	0	0																
Galerida theklae	3,2	6,3	4,2	1,2	0	0	0							2,2	0	0	0	2,1	2,7	1,6	0	0	0
Cercotrichas galactotes	4,8	4,8	3,2	0,4	1,4	0	0							2,2	0	0	0	1,6	2,7	2,4	0	0	0
Emberiza calandra	0	4,8	3,2	1,7	0,7	0	0							2,2	0	0	0	3,2	2,0	1,1	0	0	0
Lanius senator	3,1	6,3	4,2	0		1,6	0							2,2	0	0	0	3,2	1,8	1,6	0	0	0
Acanthis cannabina																							
Pycnonotus barbatus	2,5	2,5	2,5	0,9	1,0	0	0				0,5	1,4	1,0	1,9	1,3	0	0	2,1	1,8	1,9	0,7	0	0
Tchagra senegala	3,5	3,5	2,3	0,6	0	0	0											0,6	2,5	0,9	2,0	0	0
Emberiza cirlus	3,5	3,5	3,5	0,9	1,0	0	0							2,2	0	0	0	1,7	2,5	2,6	0	0	0
Sylvia melanocephala	1,7	1,7	1,7	1,4	0,7	0,4	0							1,5	1,2	0,6	0	1,7	1,7	0,8	1,7	0,3	0
Pica pica																							
Carduelis chloris	3,8	3,8	2,5	3,5	0,5	0,9	1,3				1,4	1,3	0										
Luscinia megarhyncos	1,7	1,7	1,7	0,9	1,0	0,4	0,3							1,5	1,3	0,4	0,6	1,7	1,5	1,3	1,2	0,3	0,2
Carduelis carduelis	1,6	1,6	,1	1,3	0,9	0	0,8																
Emberiza cia											0	2,1	0										
Alectoris barbara	1,5	1,5	1,5	1,4	1,1	0,8	0,0							2,2	0	0	0						
Streptopelia turtur														1,3	0,8	0,9	0,0	1,3	1,3	1,5	1,1	1,3	0,0
Serinus serinus	1,6	1,6	1,6	0,9	0,7	0	1,3				0,6	1,3	0,8	1,0	1,0	1,0	0,7						
Cuculus canorus														1,2	0,8	0,7	1,6	1,1	1,4	1,2	1,4	0	1,0
Turdus merula																		1,0	1,2	1,2	1,2	0,8	0,6
Oriolus oriolus	0	0	1,1	1,4	1,6	0,8	0	1,3	0,7	1,2													
Phylloscopus bonelli	1,4	1,4	0,9	,3	0,8	0,4	1,4							1,0	1,2	1,2	0	0,8	0,9	1,2	1,7	1,4	0,2
Parus major	0	0	0,7	1,1	1,.	1,1	1,1											0,7	,4	,4	0,6	0,7	1,2
Parus caeruleus	0,5	1,1	1,.	1,1	1,1	1,1	0,9							0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	0,6	0,8	1,1	,1	1,1
Garrulus glandarius	0	0	0,5	1,3	1,4	1,4	0,7	1,3	0,8	0,9				1,0	,1	1,1	0,7						
Columba palumbus	1,1	0,0	0,4	1,1	1,1	1,1	1,1																
Hippolais polyglotta																							
Lullula arborea	0	0	0	1,5	1,6	2,0	0											0,5	0,8	1,4	1,2	2,3	0,3
Upupa epops											2,2	0,8	0,0										
Dendrocopos major														0,4	1,4	1,6	0,6	0,3	0,5	0,5	1,6	1,9	,0
Sylvia atricapilla											0,4	1,1	1,6	0,4	1,6	0,7	3,2	0,5	0,9	0,8	0	1,6	2,0
Fringilla coelebs	0	1,1	0,4	1,1	1,1	1,1	1,1							0,9	1,1	1,1	1,1						
Troglodytes troglodytes	0	0	0	1,0	1,6	0,5	1,9				0,3	1,3	1,2										
Coracias garrulus														0,6	1,4	1,6	0,0	0,9	0,4	0,7	0,4	2,7	1,0
Muscicapa striata														0	2,4	1,4	3,2	0	0	0	1,4	1,6	2,4
Coccothraustes coccothraustes	0	0	0	0,2	1,9	2,0	2,3							0,3	1,4	1,6	1,8	0	0	1,4	0	2,3	2,4
Erithacus rubecula	0	0	0	0,3	0,8	2,9	2,9							0,3	1,5	1,3	2,9	0,5	0,4	0	0	1,5	2,9
Picus viridis	0	0	0	0,6	,6	1,7	2,2							0,1	1,1	1,7	2,2	0	0	0,6	0,6	2,2	2,2
Certhia brachydactyla	0	0	0	0,2	1,6	2,0	2,7							0	1,4	1,7	2,7	0	0	0	0	2,7	2,7
Sitta europea	0	0	0	0,3	,8	1,6	2,6							0	1,6	1,8	2,1	0	0	0	0	2,6	2,8
Sturnus unicolor	0	0	0	0	2,7	3,6	0,8							0	2,4	2,0	0	0	0	0	0	4,0	1,8
Turdus viscivorus	0	0	0	0,3	1,5	1,7	2,9							0	0,9	1,7	3,5	0	0	0	0	2,9	2,6
Sylvia communis	0	0	0	0	0	0	6,3							0	0	0,9	8,4	0	0	0	0	0	4,8
Phoenicurus phoenicurus	0	0	0	0	0	0	6,3							0	0	0,9	8,4	0	0	0	0	0	4,8
Ficedula hypoleuca	0	0	0	0	0	3,8	3,8							0	0	1,6	5,1	0	0	0	0	0	4,8
Parus ater	0	0	0	0	0	0	6,3											0	0	0	0	0	4,8
Regulus ignicapillus	0	0	0	0	0	1,6	5,3							0	0	1,4	6,3	0	0	0	0	0	4,8

Ainsi la distribution d'abondance de la Tourterelle présente un coefficient de corrélation significatif avec l'altitude et le toit de la formation alors que d'après les profils écologiques ces deux variables n'étaient pas actives ; de même pour le Pinson et la hauteur de la formation.

II. Les espèces ubiquistes

II.1. Les ubiquistes absolus

Neuf espèces sont présentes dans les huit formations ; nous les qualifierons d'ubiquistes absolus parce qu'elles existent dans l'ensemble de la séquence boisée étudiée. Elles font partie des groupes d'espèces ubiquistes définis par la taxonomie des correspondances. Nous y trouvons 4 des 6 espèces du groupe 1 (ubiquiste de l'ensemble des milieux boisés, forêts et matorrals (Tourterelle, Coucou, Merle et Pouillot de Bonelli) et 5 espèces qui présentant un fort gradient de densité, font partie soit du groupe 3 (ubiquistes des forêts) lorsqu'elles atteignent leur abondance maximale dans les forêts (Mésanges bleue et charbonnière, Pigeon ramier, Pinson des arbres), soit du groupe 8 (ubiquistes des matorrals) si leur optimum se situe dans les matorrals (Chardonneret).

Toutes figurent au centre des plans vectoriels F1 F2 et F1 F3 de l'analyse des correspondances. Si l'on considère leur fréquence générale, dans l'ensemble des stations échantillonnées, et leur densité moyenne calculée pour les 8 formations végétales, on constate que les 7 espèces constantes en font partie de même que les 2 dominantes et 5 des 9 espèces subdominantes ; aucune n'est accidentelle ou rare. Nous les traiterons par ordre de fréquence générale décroissante.

Le Merle noir est répandu dans l'ensemble des massifs boisés de la région, c'est d'ailleurs la seule espèce présente dans tous nos relevés. Il arrive au 7e rang pour sa densité générale moyenne, ce qui le classe parmi les espèces subdominantes aussi bien dans les matorrals (d = 2,9 couples aux 10 ha, 6e) que dans les forêts (d = 2,6 couples aux 10 ha, 8e). Le Merle ne semble pas influencé par l'altitude, ni manifester une préférence marquée pour l'une ou l'autre des formations étudiées. Il pénètre largement dans les Conifères, dans les Callitraies semi-arides de plaine et dans les Cédraies humides d'altitude. Sa densité maximale se situe dans les Callitraies des hautes vallées où elle atteint 3,4 couples aux 10 ha. Dans cette formation son abondance est même remarquable au niveau des ripisylves et des vallons les plus frais. Ailleurs, sa densité ne varie guère ; elle est cependant plus faible dans les futaies denses, pauvres en sous-bois, et dans les matorrals les plus secs. Le Merle fait partie du groupe 1 de la classification automatique ; c'est l'espèce la plus centrale du plan factoriel F1-F2 de l'analyse des correspondances.

Absente de la Cédraie, *la Tourterelle des bois* se rencontre dans tous les autres milieux boisés y compris la Pinède de Pins maritimes. Mis à part la forêt humide de Conifères, sa fréquence atteint partout 100 %. Espèce sub-dominante venant au 6e rang de densité générale, son abondance

est cependant très variable et diminue régulièrement en fonction de l'altitude (coefficient de corrélation — 0,68), de la hauteur totale de la végétation (coefficient — 0,78) et du taux de recouvrement de la strate arborescente (coefficient — 0,66). C'est ainsi que sa densité est maximale dans les matorrals semi-arides de Chênes verts (d = 4,1 c/10 ha, 3e rang) et minimale dans les forêts humides de Conifères (d = 0,7 c/10 ha, 18e). Nous donnons ci-dessous la densité de la Tourterelle des bois en fonction des formations végétales et des étages bioclimatiques.

	Forêt	Matorral	Densité générale
Semi-aride	3	3,9	3,5
Sub-humide	2	3,5	2,8
Humide	1	2,8	1,9

Avec une densité moyenne de 3,7 c/10 ha, la Tourterelle est dominante dans les matorrals (4e rang) alors qu'en forêt elle ne se classe qu'au 11e rang (1,8 c/10 ha) et n'est sub-dominante qu'en Subéraie semi-aride. La Tourterelle fait partie du groupe 1 ; c'est aussi une des espèces centrales du plan factoriel F1 F2, mais sa plus grande abondance dans les matorrals la décale légèrement vers le groupe d'espèces qui caractérise ces formations.

La Mésange bleue est, de loin, la plus commune des Mésanges de la région ; en effet, la Mésange noire est limitée aux forêts de Conifères et la Mésange charbonnière, qui a sensiblement la même amplitude d'habitat, est toujours moins abondante, excepté dans la Cédraie. Avec un peu plus de 7 c/10 ha de densité générale moyenne, la Mésange bleue est d'ailleurs l'espèce la plus abondante de nos relevés. Sa densité moyenne en fait une espèce dominante dans l'ensemble forêt aussi bien que dans l'ensemble matorral. Elle est présente partout, sauf dans certains relevés de Conifères ; elle manque dans la Cédraie et dans une station de Callitriaie semi-aride ; en effet, les Conifères ne lui conviennent guère et sa densité dans les Pinèdes et les Callitriaies est faible, sa présence étant le plus souvent liée, dans ces formations, à l'existence d'essences feuillues en mélange ou en sous-bois (Chêne vert, Filaria...). Son milieu de prédilection est constitué par les formations de chêne, forêts ou matorrals, où sa densité est comprise entre 6,8 et 11,8 c/10 ha, ce qui la classe, dans ces formations, au 1er rang, ou au 2e juste après le Pinson des arbres. Pour connaître ses préférences éventuelles au niveau des diverses essences de feuillus, nous avons calculé séparément sa densité dans les Zénaies, les Subéraies et les Iliçaies ; le tableau ci-dessous donne la densité et le rang de l'espèce pour ces essences :

	Semi-aride		Sub-humide		Humide		Moyenne
Subéraie	11,8	1er	11,8	1er	—		11,8
Zénaie	—		10,9	1er	11,9	1er	11,4
Iliçaie	6,9	1er	6,8	2e	7,0	3e	6,9

Comme l'avait déjà remarqué SNOW (1952) pour l'ensemble des forêts d'Afrique du Nord, nous constatons aussi que la densité de la Mésange

bleue est nettement plus élevée dans les Subéraies et les Zénaies que dans les Iliçaies.

La sous-espèce *excelsus* de *la Mésange charbonnière* apparaît plus liée aux arbres que ne l'est *Parus caeruleus ultramarinus*; c'est ainsi qu'elle est pratiquement absente des matorrals bas de Thuyas et rare dans ceux de Chênes verts. Elle est par contre présente dans tous nos relevés de forêts, y compris ceux de la Cédraie où la Mésange bleue est absente. Mis à part les matorrals bas, on la rencontre dans toutes les formations étudiées avec des densités oscillant entre 2 et 3 c/10 ha; elle atteint même une densité record de 5,8 c/10 ha dans les forêts de Chênes-lièges de l'étage semi-aride. Constante et sub-dominante (d = 3,2 c/10 ha, 3°) au niveau de l'ensemble de notre échantillonnage, la Mésange charbonnière appartient au groupe 3, étant plus abondante dans les forêts (d = 3,9 c/10 ha) que dans les matorrals (d = 2,6 c/10 ha).

Le Pinson des arbres est lui aussi présent partout, sa fréquence atteint même 100 % des relevés dans toutes les formations sauf la Callitriaie de plaine. Il vient au second rang, juste après la Mésange bleue, pour sa densité générale moyenne (6,9 c/10 ha contre 7,05 pour *P. caeruleus*). Par rapport à l'ensemble des stations étudiées, *F. coelebs* et *P. caeruleus* sont d'ailleurs les seules espèces dominantes. La densité du Pinson est nettement inférieure dans les matorrals (d = 4 c/10 ha, 3° rang) que dans les forêts (d = 10,1 c/10 ha, 1er). Le Pinson est toujours rare dans les matorrals bas, quelle qu'en soit l'essence composante, et dans les formations de Thuyas, quel qu'en soit le toit (d = 0,4 c/10 ha dans T1 et 1,6 c/10 ha dans T2). Ailleurs, dès que la hauteur de la végétation est suffisante (au-delà de 5 m), sa densité est comprise entre 8 et 12 couples; 8-9 couples dans les Subéraies, 9-11 couples dans les Iliçaies ou la Zénaie, 11,5-14 couples dans les Conifères humides. Ces densités sont en tout point comparables à celles connues dans les formations homologues d'Europe occidentale. Ici comme là le maximum de densité est atteint en forêt de Conifères d'altitude et, en particulier, dans deux milieux présentant plus d'un point commun par leur aspect physionomique, la Cédraie et le Mélezin.

Les densités du Pinson dans la séquence du Chêne vert illustrent bien sa sensibilité à la hauteur de la végétation (coefficient de corrélation de 0,74) :

I1	matorral bas (semi-aride)	4c/10 ha
St 23	matorral moyen (humide)	6c/10 ha
I2	matorral élevé (sub-humide)	9c/10 ha
I3	forêt (humide)	10,8 c/10 ha

Parmi les ubiquistes absolus, *le Coucou gris* est le seul, avec le Pigeon ramier, à n'être ni dominant ni même sub-dominant dans aucune des formations étudiées. Mais si sa densité est toujours faible, sa fréquence générale le classe parmi les espèces constantes, on remarque néanmoins des variations notables de fréquence et de densité dans les diverses formations : si le Coucou, dont la densité peut atteindre 1 c/10 ha, est constant dans tous les matorrals et la forêt basse (Subéraie semi-aride, Callitriaie sub-humide), il n'est qu'accessoire dans les forêts sub-humides

et humides et sa densité tombe à 0,2-0,4 c/10 ha. A l'intérieur de la Chênaie haute humide (I3) on constate même son absence des stations de Chênes zènes. Serait-ce dû au manque d'hôtes à parasiter ?

Le Pigeon ramier est partout présent avec une fréquence maximum, sauf dans le matorral de Thuyas semi-aride. Sa densité varie notablement suivant les formations, mais l'altitude et les conditions bioclimatiques paraissent lui être indifférentes puisque sa densité la plus faible se situe dans la Callitriaie semi aride (d = 0,08 c/10 ha) alors que la plus forte est atteinte dans la Suberaie semi aride (d = 1 c/10 ha) ou la forêt humide de Conifères (d = 0,8 c/10 ha). Il est par contre sensible à la physionomie de la végétation, ou tout au moins à la hauteur totale moyenne du peuplement : sa densité moyenne en forêt (d = 0,8 c/10 ha) est le double de celle des matorrals (d = 0,4 c/10 ha).

Le Pouillot de Bonelli est, avec le Chardonneret, le seul des ubiquistes absolus dont la fréquence générale est inférieure à 75 %. La répartition de sa fréquence par formation montre cependant qu'il est partout constant sauf dans les Subéraies (S1 et S2), c'est là que sa densité est la plus faible. Dans l'Iliçaie, par contre, il est toujours sub-dominant quels que soient l'étage bioclimatique et la hauteur de la végétation, mais c'est dans les formations de résineux, Callitriaie sub humide ou Conifères humides d'altitude, qu'il est le plus abondant (d = 3,2 c/10 ha). Dans cette dernière formation, sa densité est cependant beaucoup plus forte dans la Pinède de Pins maritimes plus seche et plus ensoleillée que dans la Cédraie. Le Pouillot de Bonelli a été classé, apres deux changements non hiérarchiques dus à sa répartition non linéaire le long du gradient bioclimatique resumé par F1, dans le groupe 1 (ubiquistes des milieux boisés).

Le Chardonneret est sans conteste une des espèces les plus communes du Maroc et, bien que n'étant pas fondamentalement lié au milieu boisé il fait partie des espèces sub-dominantes par sa densité générale dans les formations étudiées. Constant et sub dominant dans les matorrals (il vient au 5e rang de densité dans ce type de formation), il n'est qu'accessoire dans les forêts et fait donc tout naturellement partie du groupe 8 (ubiquistes des matorrals).

C'est à basse altitude, dans les matorrals bas de Thuyas ou de Chênes verts de l'etage semi aride, que le Chardonneret présente ses plus fortes densités, il est moins abondant dans la forêt de Chênes-lièges de cet étage. Au fur et à mesure que l'altitude augmente, il devient plus rare dans tous les milieux sauf dans l'Iliçaie, ainsi que nous le montre le tableau ci-dessous qui donne la densité du Chardonneret dans les diverses essences en fonction des étages bioclimatiques :

	Semi-aride	Sub-humide	Humide
Callitriaie	4,4 dominant	0,4	
Iliçaie	4,5 dominant	3 sub-dominant	3
Subéraie	2,6 sub-dominant	0,4	—
Zénaie	—	0	0
Pinède	—	—	1
Cédraie	—	—	0

Notons qu'il est encore présent dans les stations de Pins maritimes et de Chênes verts à plus de 1 700 m d'altitude et qu'il fait défaut à la Zénaie et à la Cédraie.

II.2. Les ubiquistes relatifs

Les espèces suivantes ont encore une large amplitude écologique et ne manquent que dans une ou deux des formations étudiées. Elles font toujours partie des groupes d'espèces se situant au centre du plan vectoriel F1-F2 de l'analyse des correspondances (groupes 1, 3 et 8), sauf deux qui présentent une densité beaucoup plus élevée dans une des formations et font, de ce fait, partie du groupe d'espèces qui caractérise la formation en question. Il s'agit du Troglodyte dans les Conifères humides (groupe 7) et du Rollier dans les Subéraies sub-humides (groupe 4). Parmi ces espèces, encore présentes dans la presque totalité de la séquence boisée mais avec un fort gradient de densité, les unes sont absentes (Fauvette mélanocéphale, Perdrix gambra) ou rares (Rossignol) dans les forêts humides, étant plus abondantes dans les matorrals (groupes 1 ou 8), les autres, à l'inverse, sont des espèces forestières absentes ou rares dans les matorrals semi-arides, en particulier de Thuyas : Geai, Pic épeiche (groupe 3) et, à un moindre degré, Troglodyte (groupe 7) et Rollier (groupe 4), ce dernier est également absent des Conifères de montagne. Entre ces deux groupes se situe le Loriot, absent ou rare des formations extrêmes, matorrals semi-arides et forêts humides. Plus difficile à classer est le Serin cini, présent partout sauf dans la Subéraie sub-humide.

Par leur fréquence générale, toutes ces espèces sont accessoires, mais le Geai et le Pic épeiche sont constants au niveau de l'ensemble des forêts, alors que la Fauvette mélanocéphale, le Rossignol, la Perdrix gambra et le Serin cini le sont dans les matorrals. Au niveau de la densité générale moyenne, une seule espèce est sub-dominante : le Troglodyte.

La Fauvette mélanocéphale n'est ni une espèce forestière ni une espèce d'altitude, elle est absente des forêts humides (I3 et C) et très rare dans les forêts sub-humides (S2) où elle ne se rencontre que dans quelques stations bien exposées et possédant un abondant sous-bois de Cistes ladanifères ou d'Arbousiers. Seule la forêt semi-aride de Chênes-lièges avec son sous-bois de *Cistus salvifolius, C. monspeliensis*, Lentisque et Tizra l'accueille avec une densité non négligeable. Le matorral constitue son biotope de prédilection ; là elle se classe au 2ᵉ rang général de densité avec près de 4 c/10 ha. On peut la rencontrer du niveau de la mer dans les Callitriaies semi-arides, jusqu'en montagne dans les matorrals bas de Chênes verts ; mais elle devient très rare à partir de 1 000 m et paraît absente au-delà de 1 500 m. Lynes (1924) donne la même limite altitudinale dans le Rif.

C'est dans les Callitriaies de plaine ou des hautes vallées, Callitriaies d'ailleurs dégradées et riches en Lentisque, Filaria, Oléastre, Arbousier... que cette espèce est la plus abondante, se classant au 1ᵉʳ ou au 2ᵉ rang de densité avec 5 à 6 c/10 ha.

Le Rossignol a une distribution très proche de celle de la Fauvette mélanocéphale ; les deux espèces font d'ailleurs partie du même groupe (groupe 8, ubiquistes des matorrals) et sont fort proches l'une de l'autre sur les axes F1, F2 et F3. La densité du Rossignol est cependant toujours plus faible et sa répartition spatiale dans les formations où il est le mieux représenté, c'est-à-dire les matorrals semi-arides de Thuyas ou de Chênes verts, est irrégulière. Contrairement à la Fauvette mélanocéphale, il ne colonise pas tout le milieu mais se cantonne presque exclusivement dans les vallons les plus frais ou au bord de petits ruisseaux, même temporaires, car la végétation buissonnante y est plus luxuriante (ronciers, touffes de Myrte.). C'est aussi à ce niveau que se situent les quelques couples dénombrés en forêt de Chênes, le Rossignol faisant défaut aux forêts de Conifères. C'est la seule espèce ubiquiste de notre échantillonnage qui n'atteigne pas son optimum de densité dans les biotopes étudiés.

Constante et relativement abondante dans l'étage semi-aride, que ce soit dans les matorrals de Thuyas ou de Chênes verts ou dans la forêt basse de Chênes-lièges, *la Perdrix gambra* est un peu moins fréquente dans l'ensemble des formations boisées du sub-humide. Dans l'etage humide, elle fait totalement défaut aux forêts et ne se rencontre que rarement dans certains matorrals.

Huitième par sa fréquence générale, constant dans les forêts, *le Geai des Chênes* évite aussi bien les matorrals les plus dégradés, trop bas ou trop ouverts du semi-aride, que les forêts homogènes et denses de l'humide, préferant les formations moyennes de l'étage sub-humide ; c'est là qu'il atteint son optimum avec une densité de 0,8 c/10 ha dans la Subéraie ou l'Iliçaie. Il n'aime guère les résineux : il est absent de la Callitriaie semi-aride et rare dans la Cédraie ou la Pinède de montagne.

Comme le Geai, *le Loriot* est une espèce « moyenne ». Il est très rare dans les feuillus de l'étage humide et absent des Conifères de l'étage humide ; il est également très peu répandu dans les matorrals bas du semi-aride. Les Subéraies semi-arides et sub-humides et l'Iliçaie sub-humide constituent le biotope électif de l'espèce et il y atteint des densités de 1 à 2 c/10 ha.

Le Rollier manque totalement dans le Thuya semi-aride et les Conifères humides, en effet, les matorrals bas sans vieux arbres ne peuvent lui convenir, pas plus d'ailleurs que la Cédraie dense dont il ne fréquente que la lisière. Dans les autres formations, il est toujours peu abondant, sauf dans la Chênaie humide et surtout la Subéraie sub-humide particulièrement riche en vieux Chênes-lièges bien pourvus en cavités, propices à sa nidification. Nous l'avons trouvé constant dans cette formation qui constitue, dans la région, son biotope de prédilection. Du fait de cette répartition, le Rollier possède une des plus fortes coordonnées positives sur F2, traduisant ainsi son attirance vers les formations feuillues humides et sub-humides, et fait partie du groupe 4 qui caractérise ces formations.

Le Pic épeiche est absent des Callitriaies, rare dans les matorrals de Chênes et dans la forêt de Conifères humide. Il a donc une répartition

Pinson des arbres (gr. 3)
♂/10 ha
10
5
Mésange bleue (gr. 3)
Merle noir (gr. 1)
Pouillot de bonelli (gr. 1)
Pigeon ramier (gr. 1)
Coucou (gr. 1)
Loriot (gr. 1)
Tourterelle des bois (gr. 1)
Serin cini (gr. 1)
Chardonneret (gr. 8)
Mésange charbonnière gr. 3
Rossignol (gr. 8)
Troglodyte mignon (gr. 7)
Fauvette mélanocéphale (gr. 8)
T1 I1 T2 I2 S1 S2 I3 C
MATORRALS FORÊTS

Fig 24 — Abondance de quelques espèces dans les 8 formations végétales classées suivant l'ordre de l'axe F1 : Espèces ubiquistes

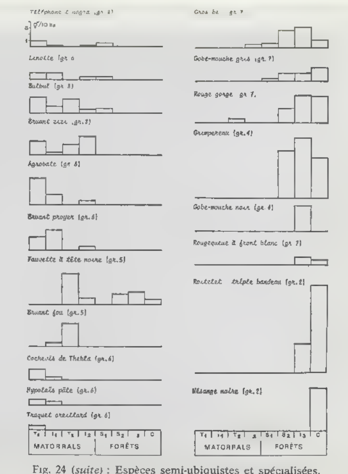


Fig. 24 (*suite*) : Espèces semi-ubiquistes et spécialisées.

proche de celle du Rollier mais, à la différence de celui-ci, il fréquente avec la même abondance (0,5 à 0,6 c 10 ha) toutes les forêts de Chênes, y compris la Suberaie basse semi-aride où le Rollier est accidentel. Peu abondant dans les résineux, le Pic epeiche est proche du Rollier sur F2 mais a une ordonnée moins négative sur F1 et fait partie du groupe 1

Rare ou absent aux altitudes inférieures à 600 m, *le Troglodyte* n'est pas, dans notre région, une espèce de plaine En effet, le climat semi-aride, en particulier sa variante à hiver tempéré ou chaud, ne lui convient pas. Dans cet étage, il est strictement confiné aux microclimats les plus humides ; alors que dans le nord du Maroc (Tangérois) où la limite altitudinale du sub-humide, voire de l'humide, s'abaisse jusqu'à atteindre le niveau de la mer, il peuple abondamment toutes les formations boisées Dans l'étage semi aride, l'espèce est absente des Callitriaies, très rare et cantonnée aux bords des petits oueds forestiers dans la Suberaie, alors qu'elle est nettement mieux représentée dans l'Iliçaie, un peu plus élevée en altitude que les formations précédentes (climat plus continental).

En dehors du semi-aride, le Troglodyte est partout dominant ou sub-dominant. Dans le sub-humide, sa densité est bonne, aussi bien dans les matorrals (I2, d = 4 c/10 ha, 3ᵉ, et T2, d = 3 c/10 ha, 8ᵉ) que dans les forêts (S2, d = 4,6 c/10 ha, 4ᵉ). Mais c'est dans la forêt humide de Conifères qu'il atteint sa plus forte densité (d = 7,4 c/10 ha), ce qui explique sa forte ordonnée négative sur F2 et son appartenance au groupe 7, malgré une abondance plus modeste dans la Chênaie humide (d = 2,8 c 10 ha), due à son absence des stations de Zénaie de la forêt de Jaaba très pauvre en sous-bois.

Toutes les espèces précédentes étaient présentes dans la séquence végétale étudiée, avec une abondance croissante ou décroissante suivant un gradient physionomique et/ou climatique, allant des matorrals semi-arides vers les forêts humides, et elles étaient absentes de l'une ou de l'autres de ces formations extrêmes *Le Serin cini*, lui, est exclu d'une formation moyenne, la Suberaie sub-humide. Comment expliquer l'absence de cette espèce qui est par ailleurs assez éclectique pour peupler depuis le semi-aride de basse altitude jusqu'à plus de 1 700 m dans l'humide, les matorrals comme les forêts, quelle qu'en soit l'essence ? Le type de végétation ne paraît pas en cause puisque les forêts basses et élevées sont habitées, pas plus que le bioclimat, la Callitriaie et l'Iliçaie sub-humides accueillent le Serin ; ce n'est pas non plus l'essence forestière qui ne lui convient pas car la Subéraie semi-aride l'abrite avec une bonne densité. Nous ne savons comment interpréter cette absence et ne pouvons que remarquer l'extrême rareté ou même l'absence, dans cette formation, des autres Carduélinés, Chardonneret et Verdier.

Dans la région prospectée, c'est la Callitriaie semi-aride qui constitue le milieu de prédilection du Serin cini ; il y est dominant (5ᵉ rang) avec une densité de 3,6 c/10 ha.

III. Les semi-ubiquistes

Nous rangeons dans cette catégorie les espèces qui peuplent seulement 3, 4 ou 5 des formations étudiées ; leur amplitude d'habitat est donc nettement plus faible que celle des espèces précédentes. Elles ne se rencontrent plus dans l'ensemble des milieux boisés étudiés, mais caractérisent plutôt des sous-ensembles : sous-ensemble des forêts ou sous-ensemble des matorrals quand leur répartition est surtout liée à la physionomie végétale, sous-ensemble des formations d'un étage bioclimatique quand le rôle des conditions de climat prédomine, sous-ensemble des feuillus, enfin, pour les espèces exclues des formations de résineux. Située dans les divers plans vectoriels F1-F2, F1-F3., entre le noyau central constitué par les espèces ubiquistes et les groupes les plus externes des espèces spécialisées, la répartition de ces semi-ubiquistes reflète bien leurs affinités. Notons que leur appartenance aux divers groupes définis par la classification automatique démontre aussi cette semi-spécialisation : aucun ne fait partie du groupe 1 qui ne comporte que des ubiquistes, pas plus que du groupe 2 des spécialistes de la forêt humide de Conifères.

Si l'étude de la répartition des espèces ubiquistes au niveau de notre échantillonnage nous a permis de tracer les grands traits de leur écologie dans les milieux boisés de notre région, nous devrons, dans les paragraphes suivants, faire appel, pour certaines espèces peu répandues, à leur distribution dans les grands massifs forestiers du Maroc (Rif, Moyen et Haut Atlas) afin que la comparaison permette de mieux cerner leur statut dans notre zone d'étude.

III.1 Espèces du sous-ensemble des forêts

Ces espèces appartiennent, suivant leur abondance respective dans les diverses forêts, au groupe 4 quand leur densité maximale est atteinte dans les Chênaies humides et sub-humides (Pic vert, Sittelle et Grimpereau) ou au groupe 7 quand leur optimum est légèrement decalé vers l'humide ou vers les Conifères (Gobe-mouche gris, Gros-bec et Grive draine).

Le Gobe-mouche gris est une espèce accessoire, à faible densité, mais qui peuple l'ensemble des forêts du semi-aride à l'humide ; insensible à l'altitude comme à l'essence végétale, sa présence est fonction de l'existence d'arbres et, dès que la formation est suffisamment élevée, sa densité est comprise partout entre 1 et 2 c/10 ha.

Le Pic vert et *le Gros-bec* se rencontrent aussi dans tous les types de forêts échantillonnées ; ils ont même été relevés dans un matorral élevé de Chênes verts de l'étage sub-humide. Mais, à l'inverse de l'espèce précédente, ils sont très rares dans la forêt semi-aride de plaine et n'ont été trouvés que dans la Subéraie du massif du Khatouate (790 m), à la limite du sub-humide. Les deux espèces sont par contre constantes dans les forêts

sub-humide ou humide d'altitude. Le Pic vert a une densité particulièrement élevée dans la Subéraie sub-humide (d = 1 c/10 ha) alors que le Gros-bec est aussi abondant dans l'Iliçaie humide que dans la Subéraie sub-humide ; avec une densité de 3,2 et 2,8 c/ha, il est même sub-dominant dans ces deux formations.

La Sittelle, le Grimpereau et *la Grive draine* sont totalement absents du semi-aride, alors qu'ils sont constants dans les forêts sub-humide et humide, c'est-à-dire, dans notre région, à partir de 1 000 m d'altitude (1). Le Grimpereau et la Sittelle ont une répartition presque identique mais cette dernière est un peu moins fréquente dans la Subéraie sub-humide et les Conifères humides que dans la Chênaie humide (elle y atteint une densité maximale de 2,4 c/10 ha, sub-dominante). Le Grimpereau est toujours plus abondant ; il est dominant dans la Chênaie humide (d = 9 c/10 ha, 3e), la Subéraie sub-humide (d = 7 c/10 ha, 3e) et la forêt humide de Conifères (d = 6 c/10 ha, 5e) ; c'est dans cette dernière formation que la Grive draine a sa plus forte présence, du moins au niveau de notre échantillonnage.

Le Verdier, que nous plaçons ici, est un cas particulier et il aurait aussi bien pu figurer dans le groupe suivant. En effet, c'est dans le matorral semi-aride de Thuyas, où il est constant, qu'il atteint sa plus forte densité (d = 1,5 c/10 ha) alors qu'il est absent de la plupart des autres matorrals et présent dans la majorité des forêts : Subéraie semi-aride, Chênaie humide au niveau de la Zénaie de Jaaba (1 500 m) et surtout dans une des forêts de Conifères humides, la Pinède du Tamrabta (1 700 m) où il est relativement abondant

(*à suivre*)

(1) Alors que la Grive draine existe également en plaine dans la portion sub-humide de la Subéraie de la Mamora (sub-humide à hiver tempéré), la Sittelle et le Grimpereau en sont absents ; ces deux espèces sont strictement localisées aux régions montagneuses (sub-humide et humide à hiver frais ou froid) et ne se rencontrent pas au-dessous de 1000 m (Sittelle) ou de 800 m (Grimpereau).

NOTES ET FAITS DIVERS

Observations du Bouvreuil et du Pigeon ramier des Açores

Au mois de septembre 1980, nous avons effectué un voyage aux Açores pour y rechercher des espèces végétales endémiques de cet archipel. Profitant de cette occasion, nous avons porté notre attention sur l'avifaune locale et notamment sur deux sous-espèces considérées comme très menacées sinon disparues pour l'une d'entre elles : le Bouvreuil des Açores (*Pyrrhula pyrrhula murina*) et le Pigeon ramier des Açores (*Columba palumba azorica*). 36 espèces d'oiseaux nichent ou ont niché sur l'archipel des Açores dont au moins 12 sous-espèces locales et 5 introduites. De tout temps le Pigeon ramier et le Bouvreuil ont été considérés comme les espèces les plus intéressantes de l'avifaune açoréenne. C'est sur São Miguel (24 jours) et sur Pico (3 jours) que nous avons fait l'essentiel de nos observations

LE PIGEON RAMIER DES AÇORES (*Columba palumba azorica* Hartert).

Cette sous-espèce açoréenne est très nettement différenciée de l'espèce nord-européenne, notamment en ce qui concerne les mâles qui ont la poitrine plus vineuse. Bien qu'il était connu de toutes les îles du groupe est, Santa Maria et São Miguel, et du groupe central, Terceira, Graciosa, Faial, Pico et São Jorge, c'est sur ces 2 dernières qu'il était considéré le plus commun. BANNERMAN (1966) estime qu'il a beaucoup diminué avec l'arrivée des fusils. En 1963 celui-ci n'observe qu'un seul individu à Sete Cidades, São Miguel. CABRAL (*in* BANNERMAN 1966) observe un individu en 1964 et le dit moins menacé qu'il n'y paraît. Il figure cependant au "*Red Data Book*" de l'I.U.C.N. qui le considère (VINCENT 1966) très rare et proche de l'extinction

Bien qu'il ne soit pas particulièrement commun, c'est donc avec un certain étonnement que nous l'avons noté assez fréquemment. Sur São Miguel nous avons eu 12 contacts visuels avec lui, mais ne concernant jamais plus de deux individus ensemble. Sur Pico nous l'avons observé 2 fois, notamment un groupe de 6 individus Gérald LE GRAND, ornithologue et enseignant à l'Institut universitaire de São Miguel, nous confirme qu'il n'est pas aussi rare que la littérature le laisse entendre et qu'il est assez facilement observable surtout du côté de Sete Cidades (secteur que nous avons très peu prospecté). D'après lui, les chasseurs font sur le pigeon des prélèvements non négligeables et difficilement contrôlables.

LE BOUVREUIL DES AÇORES (*Pyrrhula pyrrhula murina* Godman).

Cet oiseau est sans doute le plus intéressant de l'archipel et certains auteurs en font même une espèce particulière. Sa taille est nettement plus forte que celle de son homologue européen, mais c'est la coloration semblable chez les deux sexes (celle de la femelle) qui est le trait marquant de cette sous-espèce.

BANNERMAN (1965 et 1966) donne un bon historique de l'espèce. Vers le milieu du siècle dernier on donnait des primes sur São Miguel pour la destruction des oiseaux « nuisibles », dont le "Priôlo" (nom local du Bouvreuil). GODMAN (1866) en 1865 collecte 13 individus à São Miguel et décrit la sous-espèce. En 1905 déjà, HARTERT et OGILVIE GRANT écrivent à propos du Bouvreuil (voyage en 1903) : « Very scarce and that its extermination is probably only a matter of a few years ». Ce qui n'a d'ailleurs malheureusement pas empêché la collecte d'une douzaine de spécimens !

En 1907, un collecteur professionnel en capture 53 en 60 jours dans le secteur de Furnas. Un certain nombre d'individus sont ensuite collectés jusqu'en 1927 pour différents musées, mais les oiseaux se font semble-t-il de plus en plus rares. En 1963, BANNERMAN (1966) le recherche vainement mais relate que des personnes auraient observé le Priôlo en 1964. VAN VEGTEN (1968) observe un individu en octobre 1967 dans une forêt dense de *Cryptomeria japonica* dans le secteur de Furnas. En 1968 un exemplaire est capturé dans le Nordeste et déposé au musée de Ponta Delgada (CABRAL *in* VINCENT 1968), c'est la dernière observation officielle de cet oiseau. Les publications ultérieures (KNECHT et SCHEER 1971, LE GRAND 1977 *a* et *b*) n'en parlent qu'au passé.

Signalons par ailleurs que l'œuf a été décrit par JOURDAIN (1910) mais cette authenticité a été contestée par plusieurs auteurs.

Ajoutons que l'espèce n'a jamais été observée ailleurs qu'à São Miguel et uniquement à l'est d'une ligne joignant Porto Formoso à Villa Franca do Campo.

Le Bouvreuil açoréen figure au "*Red data book*" de l'I.U.C.N. (VINCENT 1968) qui le considère comme très rare, local et probablement proche de l'extinction.

C'est donc avec surprise et satisfaction que nous avons rencontré assez régulièrement le Bouvreuil, toujours dans l'est de São Miguel et dans un secteur relativement restreint. Nous avons eu 8 contacts visuels avec l'espèce et 19 contacts auditifs. Nous avons observé jusqu'à 3 individus ensemble, le 5 septembre, dont un se nourrissant de bourgeons de *Clethra arborea*. Le 18 septembre, nous avons eu des contacts auditifs avec l'espèce sans pratiquement discontinuer, à l'exception des heures chaudes de la journée.

C'est essentiellement dans le maquis qui constitue la laurisylve (*Laurus azoricus*) que nous avons rencontré le Bouvreuil, parfois à la lisière des plantations denses de *Cryptomeria japonica* qui composent les reboisements récents dans lesquels il ne fait que de brèves incursions.

Le Bouvreuil répond assez bien à une imitation de son cri et s'approche facilement de l'observateur, ce qui nous a permis de le photographier à plusieurs reprises. Parfois il reste plus discret et distant. Les forestiers



Le Bouvreuil des Açores (*Pyrrhula p. murina*) Sept. 1980 Phot. Y. BRIEN

de Nordeste connaissent bien le Priôlo qu'ils voient assez regulièrement, toujours dans le même secteur cependant. Bien qu'un recensement précis reste encore à faire, un effectif compris entre 10 et 20 individus nous paraît réaliste dans la seule zone ou nous avons observé le Priôlo. Il n'est cependant pas impossible que l'espèce subsiste dans le secteur de Furnas que nous n'avons pas prospecté. Pour conclure, signalons qu'on ne connait pratiquement rien du comportement et de la reproduction de cette espèce

CONCLUSION.

Les deux sous-espèces les plus intéressantes de l'avifaune des Açores, le Pigeon ramier et le Bouvreuil, sont menacées à des degrés divers. Le Pigeon ramier, menacé par la chasse, n'est cependant pas dans une situation aussi dramatique que les dernières publications le laissaient supposer ; le Bouvreuil, par contre, est dans une situation particulièrement critique. Il faut mettre au compte de cet appauvrissement de l'avifaune les prélèvements par l'homme et surtout la transformation du milieu, d'une part par les reboisements massifs en cryptomerias, d'autre part par l'introduction volontaire ou non d'espèces végétales exotiques La sauvegarde de ces espèces est à envisager dans le cadre d'une protection plus vaste (réserve naturelle) des ressources locales concernant la faune et la flore, protection encore inexistante aux Açores.

Références

BANNERMAN, D A (1965) — Some reflections on two recents visits to the Azores archipelago. *L'Oiseau et R F O.*, 35, n° spéc.: 22-34.

BANNERMAN, D A, et BANNERMAN, W M (1966). — *Birds of the Atlantic Islands*, vol. 3, *A history of the birds of the Azores* Edinburgh and London Oliver and Boyd.

GODMAN, F Du Cane (1866) — On the birds of the Azores *Ibis*, 2 : 68-109.

HARTERT, E, et OGILVIE GRANT, W R. (1905). — On the birds of the Azores. *Novitates zoologicae*, 12 : 80-128.

JOURDAIN, F C R (1910) — Description des œufs de *Pyrrhula murina* Godman *Bull Brit. Orn Cl.*, 25 : 118-119.

KNECHT, J, et SCHLER, U (1971) — Die Vögel der Azoren. *Bonn. Zool. Beitr*, 22. 275-296

LE GRAND G (1977 *a*) — Approche ecologique de l'avifaune des Açores *Relatorios e communicaçoes do lab. de eco. aplicata do Instituto Universitario dos Açores*, 5, 28 p

LE GRAND, G (1977 *b*). — Prospection ornithologique au Pico da Vara (S. Miguel, Açores). *Relatorios e communicaçoes do lab. de eco. aplicata do Instituto Universitario dos Açores*, 6, 10 p

VEGTEN, J A VAN (1968). — The Azores Bullfinch not extinct. *Ardea*, 56 : 194.

VINCENT, J. (1966 et 1968). — *Red data book* (*Aves*). Morges : I U.C.N.

Y. BRIEN
Institut de Géoarchitecture, Faculté des Sciences, 6, avenue Le Gorgeu, 29283 Brest Cedex.

A. BESSEC, J.-Y. LESOUEF
Conservatoire Botanique, Vallon du Stangalarc'h, 29200 Brest.

Observation du Petit Flamant *Phoenicopterus minor* au Gabon

La rencontre de cette espèce commence par la découverte d'une plume, d'un rouge prononcé, le 7 juin 1981, sur une plage à vingt kilomètres au sud de Libreville, dans l'estuaire de la rivière Como.

Une excursion nous conduisant à la recherche des flamants le 21 juin nous fait découvrir une troupe de 800 à 1 000 Petits Flamants, stationnée sur les immenses bancs de vase découverte en bordure de mangrove. Les oiseaux, la plupart adultes, se nourrissent sur la vase, dans les flaques ou les rigoles, et non dans l'eau saumâtre de la rive.

Les Petits Flamants sont à nouveau observés le 4 juillet et étaient présents encore toute la première quinzaine d'août. Leurs déplacements se limitent à la rive gauche de l'estuaire, rive bordée de palétuviers et comptant, a l'embouchure des grandes rivières, d'importantes vasières formant des pointes, vasières qui attirent de nombreux autres oiseaux (Ardéidés, limicoles paléarctiques, Laridés, *Gypohierax*).

Le Petit Flamant est rarement noté sur la côte ouest-africaine. En 1930, D. BANNERMAN écrit : « The Lesser Flamingo is said by Vieillot to be found in Senegal, but it is very doubtful if this locality is correct. *P. minor* is an inhabitant of eastern Africa and its supposed occurence in Senegal needs to be confirmed ».

L'auteur admet néanmoins la validité de l'observation d'un Petit Flamant immature collecté par FEA, à l'île du Prince, dans le golfe de Guinée.

C'est dans cette région qu'en février et mars 1932, une troupe de mille de ces oiseaux est localisée sur des vasières bordant les mangroves du Rio del Rey, frontalier entre le Nigéria et le Cameroun (BANNERMAN 1951).

Plus au sud, à l'embouchure du Congo, près de Banane, on rapporte la presence, en février 1952, d'une cinquantaine de flamants volant vers le sud, suivis de plusieurs petits groupes. Un exemplaire collecté s'avère être un Petit Flamant (CHAPIN 1954).

Mais c'est surtout de la région des côtes et lagunes mauritano-sénégalaises que proviendront ultérieurement les observations les plus régulières. Une cinquantaine d'individus est observée sur le lac de Guier, au nord du Sénégal, en janvier 1962. En juillet 1965, R. DE NAUROIS trouve 800 à 900 couples de Petits Flamants nichant dans les lagunes de l'Aftout es Sahel, au nord du delta de fleuve Senégal, aux confins de la Mauritanie et du Sénégal (toutefois, depuis cette date, aucune preuve de nidification ne semble avoir été rapportée dans cette zone). En août 1972, J. TROTIGNON observe 600 Petits Flamants sur le Banc d'Arguin mauritanien. Un an plus tard, une troupe de 3 100 y est décomptée. Selon J. TROTIGNON, le déplacement des Petits Flamants des lagunes du sud mauritanien vers le Banc d'Arguin serait lié à la sécheresse qui sévit, au début des années 1970, autour du delta du fleuve Sénégal (J. TROTIGNON *in* KEAR et DUPLAIX-HALL 1975).

L'observation de bandes de Petits Flamants erratiques pose la question de leur origine. Deux routes, pour le cas des oiseaux notés au Gabon, existent en théorie :

— une route du nord qui amènerait les Petits Flamants des lacs de la Rift Valley aux rives du lac Tchad puis sur les côtes de l'Afrique occidentale (Mauritanie, Sénégal, Guinée-Bissau) ou de l'Afrique équatoriale (Nigeria, Cameroun, Gabon) ;
— une route du sud qui verrait remonter les Petits Flamants d'Afrique australe, et particulièrement de Namibie, par les côtes et les lagunes littorales de l'Angola et du Congo.

C'est l'opinion de D. BANNERMAN, émise en 1951, alors qu'il n'avait pas connaissance de l'occurrence de cette espèce en Afrique occidentale (Sénégal et Mauritanie) : « I feel sure that these birds will prove to be migrants from (—) South-West Africa or Angola, the irregular migration of Flamingoes along the Loango coast having been reported so long ago as 1888 by Pechuel-Loesche ».

Références

BANNERMAN, D A (1930-1951). — *The birds of Tropical West Africa.* The Crown Agent for the Colonies, 8 vol., Londres.

CHAPIN, J. (1932 1954). The birds of the Belgian Congo. 4 vol., *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, New York.

KEAR, J., et DUPLAIX-HALL, N. (1975). — *Flamingos* Berkhamsted : Poyser.

Nicole GIRARDIN
B.P. 548, Libreville, Gabon.

Patrice CHRISTY
B.P. 2108, Libreville, Gabon.

L'Aigrette ardoisée *Egretta ardesiaca* au Gabon

La carte de répartition de l'Aigrette ardoisée en Afrique, parue dans l'atlas édité par SNOW (1978) donne un certain intérêt aux observations faites de cet oiseau au Gabon puisqu'il était admis qu'il ne fréquentait pas l'Afrique forestière équatoriale.

HANCOCK et ELLIOTT (1978) constatent que l'espèce semble peu commune sur la majeure partie de son aire et énumèrent les vides de sa distribution : ils englobent les zones de forêt guinéenne et équatoriale et les zones arides somalienne et namibienne. En outre, ces auteurs excluent de ces régions l'apparition accidentelle d'Aigrettes ardoisées qui, une fois la période de reproduction écoulée, ne se livreraient qu'à de très locaux déplacements.

L'observation d'une paire de ces oiseaux, le 20 janvier 1980, sur le grand étang d'Oyem, en pleine zone forestiere du Gabon septentrional, n'avait pas manqué de nous étonner. Cette observation fut suivie d'une autre, le 2 avril 1981, dans un tout autre paysage : les mangroves de la baie de la Mondah, au nord de Libreville, sept Aigrettes ardoisées accompagnaient des Aigrettes garzettes et se perchaient, à marée haute, sur les branches des palétuviers bordant la rivière.

Références.

HANCOCK, J., et ELLIOTT, H. (1978). — *The herons of the world.* Londres, London Editions.

SNOW, D.W. (1978). — *An atlas of speciation in african non-passerine birds.* Londres : British Museum.

Patrice CHRISTY
B.P. 2108, Libreville, Gabon.

Nidifications arboricoles probables de Martinets noirs (*Apus apus*) dans l'Aude et les Hautes-Pyrénées

La première observation se situe en juillet 1978 à Trèbes (Aude), lieu-dit Millegrand. Un Martinet noir y a été noté à deux occasions pénétrant dans une cavité creusée dans un platane au niveau d'une branche de fort diamètre émondée (J.N.-G.).

Bien qu'aucune précision supplémentaire n'ait été relevée à cette occasion, il y a tout lieu de penser que l'oiseau avait établi sa nichée à cet endroit.

Lors d'un séjour à Argelès-Gazost (Hautes-Pyrénées) du 18 au 21 mai 1981, nous avons remarqué dans un jardin public un Martinet noir s'introduisant à plusieurs reprises dans un trou d'arbre mort isolé, dont la hauteur atteignait trois mètres (T.W.). L'orifice d'entrée, complètement dégagé et large de quatre centimètres, était orienté vers l'est. Au vu des allers et retours d'un oiseau dans la cavité, nous pensons, là encore, qu'il y a eu installation, même si la preuve de reproduction n'a pu être obtenue, faute de temps.

Il est connu que le Martinet noir utilise différents types de sites pour établir son nid, mais le choix d'arbres creux, répandu en Europe orientale (VOOUS 1960, SHARROCK 1976), l'est beaucoup moins en Europe de l'Ouest (GÉROUDET 1960). Ce phénomène n'a pas été constaté durant les années d'enquête pour les "*Atlas*" en France (YEATMAN 1976), en Grande-Bretagne et Irlande (SHARROCK 1976) et en Suisse (SCHIFFERLI *et al.* 1980).

Références.

GÉROUDET, P. (1960). — Nidifications de Martinets noirs dans des troncs d'arbres. *Nos Oiseaux*, 25 : 290-291.

SCHIFFERLI, A., GÉROUDET, P., et WINKLER, R. (1980). — *Atlas des Oiseaux nicheurs de Suisse.* Sempach : Station Ornithologique Suisse.

SHARROCK, J.T.R. (1976). — *The Atlas of Breeding Birds in Britain and Ireland.* Tring : British Trust for Ornithology.

VOOUS, K.H. (1960). — *Atlas of European Birds.* Amsterdam : Elsevier.

YEATMAN, L. (1976). — *Atlas des Oiseaux nicheurs de France de 1970 à 1975.* Paris : Société Ornithologique de France.

J. NICOLAU-GUILLAUMET
53, rue F. Boucher,
2, Résidence La Grande Prairie,
91330 Yerres.

Tony WILLIAMS
Société Ornithologique de France,
55, rue Buffon, 75005 Paris.

BIBLIOGRAPHIE

REBOUSSIN (R.)
La chasse du peintre

Editions de l'Orée Bordeaux, 1981 — 208 pp Dessins au trait. Broché. Préface de J. DORST. — Prix : non mentionné).

Tous les lecteurs de cette revue connaissent le nom de Roger REBOUSSIN puisque l'illustration de la couverture de *L'Oiseau et la Revue Française d'Ornithologie* est depuis longtemps due à son talent (avant la tete de Faucon pèlerin, c'était celle d'un Grebe huppé) Les « Portraits d'oiseaux » de Jacques DELAMAIN, ce pionnier de l'ornithologie de terrain en France, ont été illustrés par REBOUSSIN, de même que plusieurs autres ouvrages, mais en dehors de ces Livres le nombre de travaux d'ornithologie pure où l'on trouve ses dessins et ses aquarelles est finalement peu élevé La « Chasse du peintre » est un recueil d'observations que l'auteur fit dans son pays du Vendômois et en Afrique. De nombreux dessins montrent à quel point R REBOUSSIN savait croquer une attitude mais à mon avis les illustrations en noir et blanc desservent quelque peu son talent. La présentation est très bonne.

M. CUISIN

ROBINSON (W.L.)
Fool Hen. The Spruce grouse on the Yellow Dog Plains

(The University of Wisconsin Press, Madison London 1980 — XVIII + 222 pp., vignettes, 25 tableaux, 15 graphiques et dessins au trait, cartes, 5 photos en couleurs, 9 photos en noir et blanc Relié sous jaquette illustrée en couleurs — Prix : $ 21,90).

Cette monographie du Tetras des savanes (*Canachites canadensis*), espèce remarquable, entre autres, par son extraordinaire familiarité (ce qui lui a valu le nom de « fool hen », littéralement la poule stupide), est en grande partie fondée sur les observations que l'auteur a faites de 1965 à 1970 et auxquelles il a ajouté les informations obtenues par d'autres ornithologistes. Bien que le style soit celui d'un recit, la division du texte en 15 chapitres consacrés notamment à la description de l'espèce, à celle du terrain d étude, aux méthodes d'observation, à la biologie générale, au plumage, aux populations, aux rapports avec l'homme, etc , montre que l'auteur s'adresse avant tout aux ornithologistes et sait présenter d'une façon agreable une multitude de détails précis Son texte envisage tous les aspects de la vie de l'oiseau, y compris la physiologie (rythme cardiaque, respiration etc) et la pathologie Cependant il n'y a pas de description detaillee de l'anatomie (squelette, etc) L'alimentation n'est pas très détaillee puisqu'il n'y a même pas de liste des organismes consommés et curieusement ce sujet est traité en deux endroits (pp 53-58 et 131 135) Il n'y a pas non plus de tableau détaillé des dimensions ni de présentation complète de la coloration du plumage La bibliographie (12 pp) et un index très complet (12 pp) achèvent cette etude qui intéressera les spécialistes des Gallinacés La présentation est excellente mais certaines photos noir et blanc ne sont pas bonnes.

M. CUISIN

SAVAGE (C.D.W.), éditeur

Pheasants in Asia 1979

(World Pheasant Association, Harraton Square, Church Lane, Exning, Suffolk, CB8, 7HA, Grande-Bretagne, 1980. — 116 pp., vignettes, schémas, photos en noir et blanc. Broché. — Prix : £ 8.00).

Cette brochure contient les exposés présentés au premier symposium sur les faisans en Asie, qui s'est tenu à Kathmandou (Népal) du 21 au 23.XI 1979. Cette réunion était organisée par la World Pheasant Association dont notre collègue J. DELACOUR est président. Quatorze communications concernent les faisans sauvage de l'Himalaya, de Malaisie, de Thaïlande, de l'Inde et onze parlent de l'élevage de certaines espèces. Enfin quelques autres traitent des problèmes de conservation en général. Les rapports techniques sont tous très intéressants car ils donnent des informations récentes sur la situation de différentes espèces et leur protection. La présentation est excellente et les vignettes de E. HUDSON, R. GILLMOR et T. GREENWOOD agrémentent cette utile publication qui prend fin par le code de conduite de l'Association Mondiale pour l'étude des Faisans.

M. CUISIN.

VAURIE (C.)

Taxonomy and geographical distribution of the Furnariidae (Aves, Passeriformes)

(Bull Amer Mus Nat. Hist, Vol 166, Art 1, 1980 — 1 volume, 357 pp., 10 planches hors-texte, 55 cartes, 24 tableaux).

La disparition prématurée de Charles VAURIE, après une brève maladie, en 1975 a privé l'ornithologie de l'un de ses meilleurs auteurs Il avait pris sa retraite de *curator* à l'*American Museum of Natural History* (New York) en 1972, mais on était en droit d'espérer que pendant une dizaine d'années encore la science profiterait de son énorme puissance de travail, de sa démarche intellectuelle méticuleuse, de sa capacité d'assimilation, de son aptitude à clarifier les sujets, de sa perspicacité, de son don de synthèse.

Sa retraite n'était pas en effet inactive Bien avant d'avoir achevé son livre sur les oiseaux du Tibet (*Tibet and its birds*, Witherby, Londres, 1972) ouvrage de biogéographie et d'histoire ornithologique qui le « distravait » de ses recherches habituelles, VAURIE avait entrepris la révision d'une famille de passereaux particulièrement complexe et difficile, qui d'une autre manière le changeait aussi des travaux, pour la plupart relatifs à l'Ancien-Monde (n'oublions pas cependant la remarquable révision des Cracidés qu'il avait publiée en 1968), qu'il avait menés à terme depuis un quart de siècle : celle des Furnariidés, l'une des plus « grosses » familles d'Amérique puisque de par le nombre d'espèces reconnues (214 dans la monographie de VAURIE) elle y vient en quatrième position.

Par chance pour l'ornithologie, au moment de sa mort subite, VAURIE avait presque achevé le manuscrit de cette nouvelle monographie où l'on retrouve avec un émerveillement ému cette rare alliance du soin méticuleux et de la vision synthétique qui ont porté ce praticien de la chirurgie dentaire, après qu'il eût définitivement laissé sa clientèle en 1956, au tout premier rang des zoologistes systématiciens.

Pourquoi les Furnariidés ? Charles VAURIE avait été frappé par les convergences qu'il avait relevées entre divers Furnariidés et les représentants de familles qui ne leur sont pas apparentées et qui n'existent pas ou peu en Amérique du Sud L'avifaune néo-tropicale est la plus riche du monde, non par le nombre des familles mais par celui des espèces et par la diversité de l'évolution radiante : il y a des Furnariidés dont la morphologie et/ou le comportement évoquent les alouettes, les traquets, les sittelles ou les troglodytes VAURIE était étonné que ce phénomène qui dans d'autres groupes a suscité tant d'exposés, n'ait pas encore fait l'objet chez les Fourniers d'une étude approfondie C'est cette lacune qu'il a voulu combler.

Méthodiquement (comme tout ce qu'il faisait) il examina le plus grand nombre possible de spécimens : nous avons compté qu'il en étudia plus de 17 000 répartis entre les Muséums de New York, Philadelphie, Pittsburgh, Chicago, Washington, Paris, Tring, Munich, Vienne, Varsovie, Copenhague et Stockholm. Qu'on veuille bien imaginer un instant ce que représente la prise des mesures classiques chez un aussi grand nombre de spécimens : on aura une idée du labeur que Charles VAURIE était capable de fournir et sur lequel étaient fondées ses synthèses ultérieures. Il dressa lui-même les cartes de distribution géographique (il y en a 55 dans le texte) avec ce soin et cette clarté de disposition que nous admirons depuis 30 ans ; il surveilla attentivement la réalisation des 10 planches en couleurs qui illustrent l'ouvrage, et où sont figurées 107 espèces, appartenant à 33 genres sur les 34 reconnus. Lui-même avait un réel talent de dessinateur et de peintre ; il ne voyageait jamais sans sa boîte d'aquarelle, et c'est en peignant des oiseaux qu'il était venu à l'ornithologie. Je me souviens (VAURIE avait aménagé sa retraite mi-partie en France, mi-partie aux Etats-Unis : de novembre à mai il vivait à Paris, travaillant chaque jour au Muséum) de la surveillance qu'il exerça sur le travail de François BERILLE, l'artiste français qui réalisa 8 des 10 planches de l'ouvrage, de la manière dont il lui préparait son travail, des conseils qu'il lui prodiguait, des corrections qu'il apportait à ses essais.

La trame générale du livre est la suivante : chaque genre est présenté par une introduction critique où sont consignées notamment les indications fournies par la littérature sur le comportement ; à cette introduction font suite la variation morphologique intra-générique, la phylogénie, la variation géographique et une clef synoptique pour la détermination des espèces. Vient ensuite la liste des espèces avec la description de l'adulte, du plumage immature et la distribution géographique. On remarque que les sous-espèces ne sont pas traitées séparément : les commentaires qui les concernent sont donnés dans la rubrique générique au paragraphe sur la variation géographique. On sait que les problèmes soulevés par la distinction des sous-espèces ou races géographiques avaient toujours préoccupé Charles VAURIE. Dans son livre fameux *Check-list of Palearctic Birds* il avait adopté des caractères typographiques particuliers pour distinguer les « mauvaises » sous-espèces des « médiocres » et des « bonnes ». A la fin de sa vie il se disait franchement hostile à l'expression dans la nomenclature de taxa d'un niveau inférieur à l'espèce. La présentation de ses recherches sur les Furnariidés traduit cet état d'esprit.

Outre son travail d'« ornithologiste de musée » qu'il accomplit avec la perfection que nous avons rappelée, Charles VAURIE s'efforça de recueillir des informations nouvelles sur le comportement des Fourniers et notamment sur la structure de leurs nids. Dès le début de son intérêt pour les Fourniers, il fut convaincu que la forme du nid était un caractère taxinomique de grande importance qui devait être utilisé dans la classification en genres et sous-familles. Par une correspondance assidue avec de nombreux ornithologistes vivant sur le terrain ou disposant de notes manuscrites, il chercha à obtenir le maximum de descriptions inédites de nids.

C'est François VUILLEUMIER qui voulut bien accepter la tâche ingrate mais exaltante de préparer pour la publication le manuscrit laissé par VAURIE. La veuve de Charles, Patricia, qui est elle-même une biologiste connue, mais spécialisée en entomologie, l'aida avec piété à classer les feuillets, trier les notes et dresser les index nécessaires. Tous ceux qui ont eu le privilège de fréquenter le ménage VAURIE connaissent son dévouement discret, efficace et fidèle.

Né genevois, François VUILLEUMIER est attaché maintenant au département des oiseaux de l'American Museum of Natural History. Il y occupe le bureau dit en « mezzanine » qui fut celui de Robert Cushman MURPHY. Est-il nécessaire de rappeler ici que VAURIE était d'origine française ? Il y a décidément une certaine tradition de « francophonie » à l'American Museum qu'il nous est agréable de souligner.

F. VUILLEUMIER a rapporté à l'accomplissement de ce travail beaucoup de soin et de compétence. Outre une préface très pertinente, il rédigea l'introduction, d'après des notes laissées par l'auteur, et ajouta cent cinquante notes de commentaires pour la plupart fondés sur son expérience personnelle de l'avifaune néotropicale, ce qui les rend particulièrement précieuses.

Que manquait-il au texte de VAURIE ? Principalement de ne pas avoir été relu et commenté par les nombreux amis auxquels il n'aurait pas manqué de le soumettre, qui eussent discuté avec lui divers points de fond et de forme, ce qui l'aurait amené à polir son manuscrit : le côté « dogmatique » de la rédaction en eût été atténué. On peut supposer aussi que la circulation de cette œuvre capitale eût provoqué la venue au jour de quelques-unes au moins des nombreuses notes de terrain qui, *fide* VUILLEUMIER, dorment dans des « file cabinets » et qui auraient peut-être permis d'ajouter à son texte quelques dessins au trait explicitant les descriptions de nid auxquelles il attache, à juste titre, tant d'importance.

L'ornithologie progresse vite. On ne dira jamais assez que de nos jours l'ornithologie descriptive vit une nouvelle jeunesse qui surprend après quelques décennies de piétinement. Les nouvelles méthodes d'investigation révèlent des espèces demeurées ignorées, des traits de comportement inédits, des plumages et des sons inconnus. Depuis que Charles VAURIE a achevé sa monographie, deux espèces nouvelles de Fourniers ont été décrites. L'analyse exhaustive et la synthèse brillante que Ch. VAURIE a réalisées font le point de nos connaissances sur les Fourniers à la date de sa mort et fournit en même temps une base d'inspiration pour les recherches futures sur une famille négligée, mais captivante. Grâce à lui, ce qui m'avait paru jusqu'à présent un ensemble anarchique, hétéroclite s'est éclairé et ordonné.

La publication de la monographie des Fourniers de Charles VAURIE est l'un des événements majeurs de l'ornithologie en l'an 1980. C'est une très grande voix qui nous arrive d'outre-tombe. Merci à Patricia VAURIE, à François VUILLEUMIER et à l'American Museum of Natural History d'avoir assuré cette publication.

C. JOUANIN.

WYLLIE (Ian)
The Cuckoo

(B. T. Batsford Ltd, 4 Fitzhardinge Street, Londres, 1981. — 176 pp., 15 photographies en couleurs, 35 en noir et blanc. — Prix : £ 8,95).

S'il est un oiseau qui a fait couler beaucoup d'encre et qui a retenu l'attention des ornithologues, c'est bien le Coucou, nous rappelle Ian WYLLIE, et cela depuis l'Antiquité, à commencer par Aristote. Ses mœurs et le mystère qui a longtemps plané sur son comportement en sont la cause.

Une fois encore, Ian WYLLIE reprend la question et cherche à faire la synthèse des connaissances acquises, en même temps qu'il y ajoute le résultat de ses enquêtes personnelles faites en Grande-Bretagne et plus particulièrement dans le Cambridgeshire. Il souligne par ailleurs qu'il y a environ 80 espèces d'oiseaux qui pratiquent le parasitisme dans leur reproduction, c'est-à-dire à peu près 1 % des espèces d'oiseaux de par le monde. Il énumère et expose succinctement les théories mises en avant pour en donner une explication, et précise ensuite la place du Coucou d'Europe (*Cuculus canorus*) dans la famille des Cuculidés en même temps qu'il en indique les sous-espèces. Puis il étudie successivement ses migrations, sa nourriture, son chant et ses appels, son système social, les hôtes parasités (essentiellement en Angleterre), la dépose de ses œufs, leurs couleurs variables selon les oiseaux parasités, enfin l'élevage des jeunes jusqu'à ce qu'ils aient acquis leur indépendance.

Mais ce qui donne un relief particulier à l'ouvrage, c'est le très grand nombre de tableaux synoptiques qui concrétisent et renforcent les résultats des enquêtes menées, au point que le texte apparaît surtout comme le fil conducteur qui relie entre eux les différents tableaux

Une abondante bibliographie termine le livre. On peut regretter que n'y figure pas l'excellent travail de Claude CHANTELAT et de Gérard MÉNATORY paru chez Payot en 1978 sur « *Le Coucou* » d'autant que le contenu des deux ouvrages se recoupe et que les auteurs arrivent la plupart du temps aux mêmes conclusions. Il faut cependant reconnaître que le livre de Ian WYLLIE fait montre d'une armature scientifique plus importante et plus poussée et qu'il demeure un modèle en fait de monographie d'oiseaux.

M. THIBOUT.

Pierre ANDRE, Impressions, 3, rue Leverrier, 75006 PARIS

Société Ornithologique de France

Fondée le 9 août 1921, reconnue d'utilité publique le 23 mai 1929

SIÈGE SOCIAL, SECRÉTARIAT ET BIBLIOTHÈQUE :
55, rue de Buffon, 75005 Paris
Tél. 707-30-45

La Société a pour but la diffusion des études ornithologiques pour tout ce qui concerne l'Oiseau en dehors de l'état de domesticité. Ses travaux sont publiés dans :

L'Oiseau et la Revue Française d'Ornithologie

La cotisation annuelle, due à partir du 1er janvier de l'année en cours, est de 130 F pour la France et l'Etranger, à verser au Compte Chèques Postaux de la Société, Paris 544-78 W. Par faveur spéciale, et sur justification, la cotisation sera diminuée de 20 F pour les étudiants français ou étrangers de moins de 25 ans.

Tous les membres de la Société reçoivent gratuitement la Revue.

Liste des donateurs 1981

Dons en espèces : MM. ELIOPULO, RIGNAULT, CASPAR-JORDAN, REILLE, CHRISTY, OLIOSO, DEVIRAS, THIBOUT.

Cette liste ne comprend pas les noms d'un certain nombre de donateurs qui ont désiré rester anonymes, ceux des organismes qui nous ont subventionnés, ainsi que ceux des sociétés qui nous ont fait bénéficier de la loi sur les dons faits au profit d'associations reconnues d'utilité publique.

SOMMAIRE

Le Directeur de la publication : C. ERARD
746 - Imprimerie LUSSAUD, 85200 Fontenay-le-Comte
Dépôt légal 2e trim. 1982, n° 1847 - N° Commission paritaire : 24082